

工學碩士 學位論文

건물외장용 발열창 시스템의 적용에 대한 연구

A Study Heating Glass Windows System
for Perimeter-zone

指導教授 都 根 永

2005年 7月

韓國海洋大學敎 海士産業大學院

造船海洋建築工學科

崔 敬 卓

本 論文을 崔敬卓의 工學碩士 學位論文으로 認准함.

委員長 宋 和 澈 印

委 員 趙 勳 熙 印

委 員 都 根 永 印

2005年 7月

韓國海洋大學校 海士産業大學院

목 차

Abstract

| | |
|-------------------------------------|----|
| 제 I 장 서 론 | 1 |
| 1.1 연구의 배경 및 목적 | 1 |
| 1.2 연구의 방법 및 범위 | 3 |
| 제 II 장 발열창 시스템의 최적 표면온도 | 6 |
| 2.1 발열창 시스템의 원리 및 구성 | 6 |
| 2.2 습도와 건강의 관계 | 12 |
| 2.3 동절기 주택 실내의 온·습도 변화 | 15 |
| 2.3.1 실측실험의 개요 | 15 |
| 2.3.2 주택 유형별 온습도 비교 | 16 |
| 2.3.3 온습도의 변화 범위 | 17 |
| 2.3.4 온·습도의 일변화 | 19 |
| 2.4 발열창 시스템의 최적 표면 온도 | 23 |
| 2.4.1 발열창 시스템의 최저표면온도 | 23 |
| 2.4.2 발열창 시스템의 최고표면온도 | 25 |
| 제 III 장 실내 온열환경 개선효과 분석 | 31 |
| 3.1 유리의 표면온도 검토 | 32 |
| 3.2 냉복사 현상에 대한 검토 | 35 |
| 3.3 Cold Draft 현상에 대한 검토 | 38 |
| 3.3.1 Office에 발열창 시스템을 적용한 경우 | 38 |
| 3.3.2 아파트 거실에 발열창 시스템을 적용한 경우 | 44 |
| 3.4 실내 쾌적성에 대한 검토 | 48 |

제 IV장 건축계획적 측면에서의 발열창 시스템 적용 가능성 분석 51

| | |
|-------------------------------|----|
| 4.1 건물 외관계획 | 51 |
| 4.1.1 현대적인 감각과 상징성 확보 | 51 |
| 4.1.2 순수이미지와 시각적 투명성 확보 | 53 |
| 4.1.3 리노베이션과 리모델링 | 54 |
| 4.2 평면 및 내부공간계획 | 56 |
| 4.2.1 실제 사용 면적 증가 | 56 |
| 4.2.2 자유로운 공간 구획 및 동선계획 | 58 |
| 4.2.3 오피스 랜드스케이프 | 59 |
| 4.2.4 자유로운 평면형태 | 59 |
| 4.3 시설 유형별 공간 계획 | 60 |
| 4.3.1 주거시설(단독주택/집합주택) | 60 |
| 4.3.2 업무시설(사무실/은행) | 61 |
| 4.3.3 의료시설(병원/요양원) | 61 |
| 4.3.4 체육시설(실내수영장/사우나) | 63 |
| 4.4 특성별 공간계획 | 64 |
| 4.4.1 아트리움 | 64 |
| 4.4.2 다습한 공간 | 64 |
| 4.4.3 건물의 내부 오픈 | 66 |
| 4.4.4 가변공간계획 | 67 |
| 4.5 디자인 프로세스 | 68 |
| 4.5.1 평면계획 | 68 |
| 4.5.2 입면계획 | 71 |
| 4.5.3 단면계획 | 73 |
| 4.5.4 종합계획 | 74 |

제 V장 결론 76

| | |
|------------|----|
| 참고문헌 | 78 |
|------------|----|

| | |
|----------|----|
| 부록 | 80 |
|----------|----|

표 목 차

| | |
|---|----|
| 표 2-1 발열유리의 광학적 성능 및 열적 성능 | 8 |
| 표 2-2 PMV 및 PPD 계산을 위한 조건 | 27 |
| 표 3-1 기류 해석 Simulation을 위한 해석조건(Office) | 39 |
| 표 3-2 기류 해석 Simulation을 위한 해석조건(아파트) | 44 |

그 립 목 차

| | |
|--|----|
| 그림 1-1 연구흐름도 | 5 |
| 그림 2-1 발열창 시스템의 구성 | 6 |
| 그림 2-2 Low-E 유리의 제작공법(MSVD제법) | 7 |
| 그림 2-3 발열유리의 제작공정(CVD제법) | 7 |
| 그림 2-4 발열유리의 단면 구성 | 8 |
| 그림 2-5 시스템을 적용할 경우의 발열창 시스템 구성 | 10 |
| 그림 2-6 발열창 시스템의 방법기능 | 10 |
| 그림 2-7 온도 및 습도 조건과 구강점막의 구조 | 14 |
| 그림 2-8 온도 및 습도 조건과 건강과의 관계 | 14 |
| 그림 2-9 계단실형,복도형 아파트와 단독,다세대 주택의 비교 | 16 |
| 그림 2-10 아파트의 난방방식에 따른 기온,습도,노점온도 비교 | 17 |
| 그림 2-11 아파트의 노후정도에 따른 기온,습도,노점온도 비교 | 17 |
| 그림 2-12 세대별 평균 실온 및 실온 변동 범위 | 18 |
| 그림 2-13 세대별 평균상대습도 및 상대습도 변동 범위 | 18 |
| 그림 2-14 세대별 노점온도의 변동 범위 | 19 |
| 그림 2-15 기온 및 노점온도와 상대습도의 관계 | 20 |
| 그림 2-16 기온 및 상대습도의 일변화 | 20 |
| 그림 2-17 기온 및 노점온도의 일변화 | 22 |
| 그림 2-18 대상 세대의 생활 패턴 | 22 |
| 그림 2-19 인체 건강상 실내 적정 상대습도일 때의 노점 온도 | 23 |
| 그림 2-20 노점온도 18℃일때의 상대습도 | 24 |
| 그림 2-21 PMV 및 PPD를 계산한 대상실의 평면 | 26 |
| 그림 2-22 PMV 및 PPD 계산 대상실의 발열창 시스템 적용 창호 상세 | 27 |
| 그림 2-23 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도와 PMV의 관계 | 29 |
| 그림 2-24 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도와 PPD의 관계 | 29 |
| 그림 2-25 적용 발열창 시스템의 전력소비량 | 30 |

| | |
|--|----|
| 그림 2-26 적용 발열창 시스템의 전기요금 | 30 |
| 그림 3-1 실내측 유리의 평균 표면 온도 | 32 |
| 그림 3-2 실험조건별 실내측 유리 표면 온도의 범위 | 33 |
| 그림 3-3 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도 범위 | 34 |
| 그림 3-4 실내측 유리 표면 온도와 실내 MRT의 관계 | 35 |
| 그림 3-5 실내측 유리 표면온도와 창측 MRT의 관계 | 36 |
| 그림 3-6 MRT의 비교 | 36 |
| 그림 3-7 기류 해석 Simulation을 위한 해석 Model의 개요(Office) | 38 |
| 그림 3-8 수직온도 분포 비교(Office) | 41 |
| 그림 3-9 바닥으로부터 20cm 높이의 수평면 온도분포 비교(Office) | 42 |
| 그림 3-10 수직 기류 형상 비교(Office) | 43 |
| 그림 3-11 기류 해석 Simulation을 위한 해석 Model의 개요(아파트) | 44 |
| 그림 3-12 수직온도분포 비교(아파트) | 45 |
| 그림 3-13 바닥으로부터 20cm 높이의 수평면 온도 분포 비교(아파트) | 46 |
| 그림 3-14 수직 기류 형상 비교(아파트) | 47 |
| 그림 3-15 실내 평균복사온도와 PMV의 관계 | 48 |
| 그림 3-16 유리의 실내측 평균표면온도와 PMV의 관계 | 49 |
| 그림 3-17 측정 조건별 PMV 및 PPD의 비교 | 49 |
| 그림 4-1 금속재와 석재로 구성된 외벽의 자유로운 창호 디자인 | 51 |
| 그림 4-2 자유로운 외벽 창호 디자인이 두드러진 야경 | 52 |
| 그림 4-3 Curtain Wall로 구성된 디자인이 돋보이는 건물 | 53 |
| 그림 4-4 노후건물의 리모델링 전/후 | 54 |
| 그림 4-5 역사적인 건물의 부분 증축 | 55 |
| 그림 4-6 FCU가 있는 경우/FCU가 없는 경우 | 56 |
| 그림 4-7 FCU를 이용한 개별공간은 가구 배치에 제약을 받는다 | 57 |
| 그림 4-8 FCU로 인해 변경이 어려운 배치 | 58 |
| 그림 4-9 FCU가 없는 부분의 개방적 가구 배치의 예 | 58 |
| 그림 4-10 불규칙한 형태의 공간을 자유로이 사용한 예 | 59 |

| | |
|---|----|
| 그림 4-11 공동주택의 중정 유리창 | 60 |
| 그림 4-12 단독주택의 거실창 | 60 |
| 그림 4-13 대공간의 바닥 매입형 공조방식(서울역 대합실) | 61 |
| 그림 4-14 병실의 복잡한 외벽창 | 62 |
| 그림 4-15 시각적으로 복잡하고 폐쇄적인 일반 병실의 예 | 62 |
| 그림 4-16 부분개방형 수영장/넓은 전망의 수영장 실내 | 63 |
| 그림 4-17 타워형 사무실의 저층형 Atrium | 64 |
| 그림 4-18 결로방지용 드레인을 설치한 Atrium 천장 상세 | 65 |
| 그림 4-19 김서림없이 사용할 수 있는 욕실 유리벽 | 65 |
| 그림 4-20 건물 내부에 층간 개방된 경우 | 66 |
| 그림 4-21 층을 가로질러 상부로부터 빛을 유입하는 개방공간의 천정 | 67 |
| 그림 4-22 가변공간의 문짝,창호에 적용 가능한 발열창 시스템 | 67 |
| 그림 4-23 기둥과 유리가 일치한 경우/이격된 경우 | 68 |
| 그림 4-24 FCU를 적용한 평면/발열창을 적용한 평면 | 69 |
| 그림 4-25 FCU가 적용된 경우 | 69 |
| 그림 4-26 발열창 시스템이 적용된 경우 | 70 |
| 그림 4-27 FCU가 적용된 입면사례(spandrel 부분이 폐쇄됨) | 71 |
| 그림 4-28 발열창이 적용된 입면사례(spandrel 부분이 개방됨) | 71 |
| 그림 4-29 FCU가 적용된 경우 시야가 좁다 | 72 |
| 그림 4-30 발열창이 적용된 경우 시야가 넓다 | 72 |
| 그림 4-31 FCU가 적용된 경우 건축,구조,기계,전기 등의 협의가 필요하다 ... | 73 |
| 그림 4-32 발열창이 적용된 경우 건축은 독자적으로 단면계획을 진행 | 73 |
| 그림 4-33 제약없이 디자인함으로써 디자인 프로세스의 효율을 높여준다 | 74 |

Abstract

A Study Heating Glass Windows System for Perimeter-zone

Choi, Kyung-Tag

Department of Naval Oceanic Architectural Engineering

Graduate School of Korea Maritime University

The windows take a large area on the exterior walls and are the only architectural material that provides residents with light and scenery. But they causes deterioration of inner heating environment, freshness, and ventilation load for weakness of insulating capacity. Some kinds of perimeter-less ventilation system was developed and applied to many buildings, but there are some limitation on application to the residential buildings.

Specially in case of apartment houses, the extended balcony type is prevalent. So the balcony as a heat buffer zone was disappeared. As a result that, dew condensation and debasement of freshness are pointed out as large problems and, to resolve these problems, heating window system was suggested. In this study, the optimum temperature of heating window system, improvement of heating environment effect by the heating window system, and application of heating window system in terms of architectural plan are analysed for practical use of heating

window system; the results of the this research are as follows:

(1) Review was made on lowest and highest surface temperature for suggesting the optimum surface temperatures of system. Surface temperature of 18°C degrees, which is somewhat higher than interior dew point temperature in winter season, is appropriate. Meanwhile, although freshness is elevated with increasing highest surface temperature, 20~22°C degrees of temperature was suitable for considering of economic factors.

(2) As heating window system may maintain interior surface temperature of glass close to temperature of residential area regardless the temperature of outside, cold draft may be prevented and interior heating environment may be improved to a large extent.

(3) Among the influences of heating window system on the point of construction planning, the most important factor are that exterior appearance of buildings may be maintained in modern style because FCU may be removed and area of windows can be expanded. In addition, creative design of building would be possible regardless the type of facilities or the kinds of uses of space.

In this study, optimum surface temperature and heating environment improvement effect of heating window and possibility of application of heating window system were reviewed for practical use of heating window system. However, practical use of heating window system would be possible when additional studies are conducted focused on energy consumption forecasting method of heating window system and energy

consumption saving method.

I. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 여러 가지 여건에 의해 건축물의 대형화, 고층화가 활발히 진행되고 있으며 자중감소 및 조망 확보를 위해 외벽에서 창이 차지하는 면적이 증가하고 있는 추세이다. 창은 주광과 풍경을 실내의 거주자에게 제공하는 유일한 건축부재이지만 낮은 단열성 때문에 불쾌한 온열환경과 공조부하의 원인이 되고 있다. 이를 개선하기 위해 Pair Glass, Fan Coil Unit(FCU) 등을 설치하고 있으나 여전히 쾌적성의 문제가 지적되고 있으며 공조에서는 오히려 혼합손실의 문제가 지적되고 있다. 이와 같은 쾌적성 및 혼합 손실 등에 대한 대책으로 최근에는 다양한 종류의 Perimeter-less 공조시스템이 개발되어 적용되고 있다.

Perimeter-less 공조시스템은 창 실내측 유리 부근에 실내 공기를 이용한 상승 기류(일종의 Air Curtain)를 형성시켜 창을 통한 관류열손실(취득)과 일사열 취득을 차단함으로써 Perimeter Zone을 창 부근으로 축소시키거나 없애고 실내를 하나의 공조 계통으로 공조함으로써 쾌적성의 향상과 혼합손실을 방지하는 공조시스템으로 성능의 우수성은 인정되고 있다. 그러나 Perimeter-less 공조시스템은 Office 등에는 적합한 시스템이지만 주택이나 아파트 등 주거용도의 건축물에 적용하기는 어려움이 있다. 특히 높은 투자가치의 창출을 위한 고급 고층 아파트, 주상복합의 건설이 증가하고 있으며 여유로운 거주공간 확보를 위해 외기와의 열적 완충 영역이었던 Balcony를 실내공간으로 편입(확장 Balcony형)하는 경향에 있는 현실에 있어서는 창의 낮은 단열성능 때문에 발생하는 결과, 온열환경 악화 등의 문제들에 대한 대책이 시급하다고 하겠다.

이와 같이 주거용도의 건축물에서 창에 기인하는 여러 문제들을 해결하기 위한 대책의 하나로 전력 공급에 의해 열을 발생시키는 발열유리를 이용한 발열창 시스템이 제안되어 국내 적용 가능성이 매우 높다는 것이 입증되었다¹⁾. 그러나 실제 발열창 시스템을 주거용도의 건축물에 적용하기 위해서는 에너지효율(전력소

비량)의 개선, 전력소비량 예측기법, 최적 표면온도 설정 등 발열창 시스템의 실용화를 연구가 계속적으로 진행되어야 할 필요성이 있다.

이를 본 발열창 시스템의 실용화를 위해 에너지 소비량에 영향을 미치는 발열창 시스템의 최적 표면온도를 설정함과 동시에 발열창 시스템에 의한 온열환경 개선효과를 밝히는 것에 목적이 있다. 또한 건축계획적 측면에서 발열창 시스템의 적용 가능성을 검토하는 것에도 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 아래의 세 가지 테마에 대한 연구로 구성되며 연구의 흐름을 그림1-1에 나타낸다.

- 발열창 시스템의 최적 표면 온도 (2장)

- 실내 온열환경 개선 효과 분석 (3장)

- 건축계획적 측면에서의 발열창 시스템 적용 가능성 분석(4장)

먼저 「발열창 시스템의 최적 표면온도」에서는 발열창 시스템의 적용 목적을 결로발생 방지와 실내 온열환경 및 쾌적성 개선의 두 가지로 나누고 이를 위한 최적 표면온도를 검토하였다.

결로 발생 방지를 목적으로 발열창 시스템을 적용할 경우의 최적 표면온도는 발열창 시스템의 하한 표면온도라 할 수 있으며(욕실 등과 같은 고온고습 환경은 제외) 이를 설정하기 위해 동절기 아파트(주택) 실내의 온·습도 변화를 실측하고 노점온도 등을 산출하였다. 또한 산출한 노점온도와 인체의 건강상 유지해야 하는 실내 습도 범위에 대한 문헌자료를 이용하여 동절기 아파트(주택)에서 결로 발생을 방지할 수 있는 최적 표면온도를 제안하였다.

한편, 실내 온열 환경 및 쾌적성 개선을 위해 발열창 시스템을 적용할 경우, 최적 표면온도는 발열창 시스템의 상한 표면온도라 할 수 있으며 PMV 및 PPD와 발열창 시스템 표면온도의 관계, 발열창 시스템 표면온도에 따른 연간 전력소비량 및 전기요금의 변화를 검토하여 최적 표면온도를 설정하였다.

「발열창 시스템의 실내 온열환경 개선효과 분석」에서는 발열창 시스템을 적용할 경우 동절기의 실내 온열환경 및 쾌적성 개선효과에 대해 검토하였다.

동절기에 있어서 실내 온열환경 및 쾌적성의 악화의 요인은 결로 및 Cold Draft, 냉복사이며 이는 유리의 낮은 표면온도에 기인한다.

발열창 시스템의 냉복사 방지효과에 대해서는 S건설 기술연구소 인공기후실험실(기후 소재)에서 실측한 일반 복층유리와 발열창 시스템의 실내측 유리 표면

온도 분포 및 평균복사온도(MRT)를 이용하여 검토하였다. 그리고 Cold Draft 방지 효과는 범용 기류 해석 S/W인 AirPak을 이용한 Simulation을 통해 검토하였다. 또한 실내의 쾌적성 개선에 대해서는 일반 복층유리와 발열창 시스템을 대상으로 실측한 예상 평균 온열감(PMV ; Predicted Mean Vote)과 예상 불만족도(PPD ; Predicted Percentage of Dissatisfied) Data를 이용하여 검토했다.

「건축계획적 측면에서의 발열창 시스템 적용가능성 분석」에서는 발열창 시스템의 건축계획적 장점을 제시하고 이를 토대로 건물의 외관 및 내부 공간 계획, 시설 유형별 공간 계획, 특성별 공간 계획 등으로 나누어 적용가능성을 검토하였다. 또한, 건물의 초기계획 과정에서 Design Process상의 장점에 대해 검토하였다.

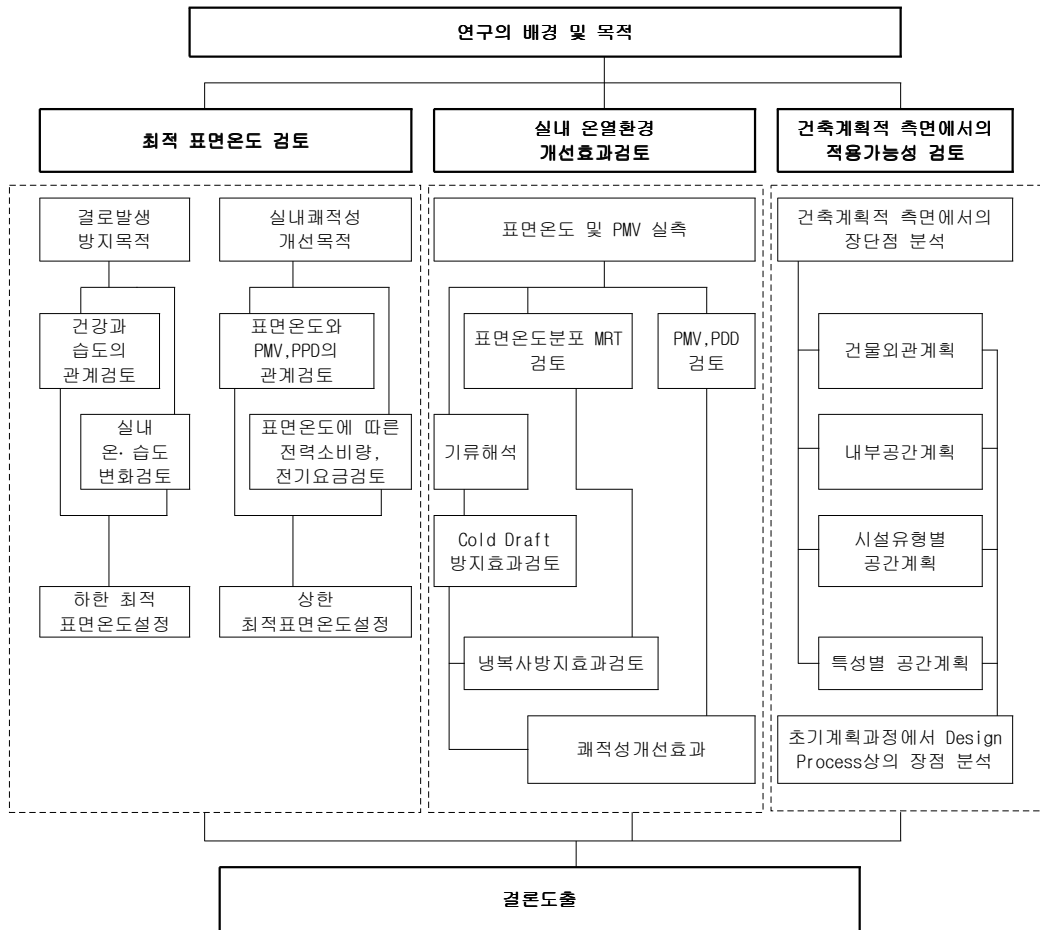


그림 1-1 연구 흐름도

II. 발열창 시스템의 최적 표면 온도

2.1 발열창 시스템의 원리 및 구성

발열창 시스템은 그림2-1와 같이 전기에 의해 발열하는 발열유리를 이용한 복층 유리 및 발열유리에 전기를 공급하기 위한 제어장치로 구성된다.



그림2-1 발열창 시스템의 구성

발열창 시스템에 이용되는 발열유리는 이전부터 복층유리로 가공하여 냉동/냉장 쇼케이스, 저온 실험실의 관측창 등 실내에서 결로를 방지할 목적으로 많이 사용되어 왔으며 도전필름을 붙인 유리를 복층유리로 가공한 발열유리와 도전피막이 있는 유리를 복층유리로 가공한 발열유리의 두 종류가 있다. 두 종류의 가격은 거의 동일하지만 도전필름을 이용한 것은 최고 사용온도가 40℃ 정도인 것에 비해 도전 피막 유리를 사용한 것은 800℃까지 사용할 수 있어 적용범위가 넓으며 옥외용 기기의 성능시험을 위한 실험실 등에 이용되는 등 최근에는 도전피막 유리를 이용한 발열유리로 바뀌고 있는 상황이다.

본 연구에는 도전피막을 성형한 발열유리를 이용하고 있으며 미국의 PPG사가 Low-E (Low-Emissivity)유리로써 개발한 유리(상품명 Sungate 500)²⁾이다.

기존의 Low-E유리는 MSVD(Magnetic Sputtered Vacuum Deposition)제법에 의해 생산되지만 발열유리로 이용되는 PPG사의 Low-E(Sungate 500) 유

리는 PPG사가 독자적으로 개발한 CVD(Chemical Vapor Deposition)제법에 의해 생산된다.

MSVD 제법은 그림2-2에 나타내는 것과 같이 플로트 공법(Float process)으로 유리를 제조한 후 별도의 생산라인으로 옮겨 박막의 산화층을 코팅(Soft coating)하기 때문에 박막에 상처가 생기기 쉽고 산화되기 쉬워 반드시 복층유리로 가공하여 사용해야 한다.

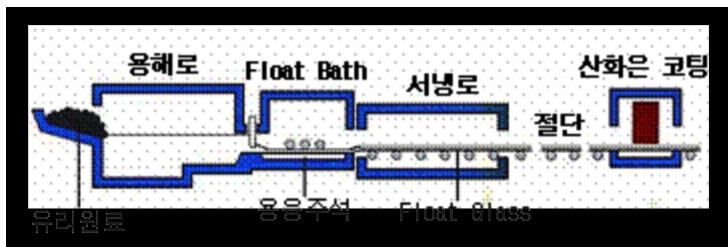


그림2-2 Low-E 유리의 제작 공정 (MSVD제법)

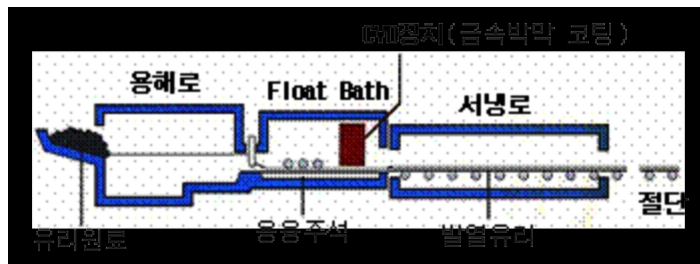


그림2-3 발열유리의 제작 공정 (CVD제법)

이에 비해 PPG사가 개발한 CVD제법은 그림2-3에 나타내는 것과 같이 일반적인 플로트 공법의 제조라인 상에서 아직 식지 않은 가열된 상태의 유리에 특수한 금속(주재료는 산화주석)의 기화혼합가스를 뽑아 유리표면과 반응시켜 고착하는 코팅 기술(MSVD 제법에 비하면 Hard coating)로 그림2-4과 같이 금속 박막과 유리표면 이 일체화되기 때문에 강도 높은 코팅면을 얻을 수 있다. 또한 유리표면 위의 금속 박막은 전도성이 있기 때문에 전기를 공급하면 표면의 저항(약 $20\Omega/m^2$)에 의해 발열하게 되며 발열량은 공급하는 전력량에 비례하기 때문에 공급전력의 조절을 통해 발열량 즉 표면온도를 조절할 수 있다. Low-E 유리로

이용하는 경우는 코팅면의 강도가 높기 때문에 복층유리로 가공하지 않고 단판으로도 사용할 수 있지만 발열유리로 이용할 경우는 에너지 효율 및 안전성을 고려하여 복층유리로 가공하여 사용한다.

한편, 부수적인 특성으로 코팅된 금속 박막이 전자기 차폐효과³⁾를 가지고 있어 일본의 경우는 파칭코 기계에 이용되고 있다.

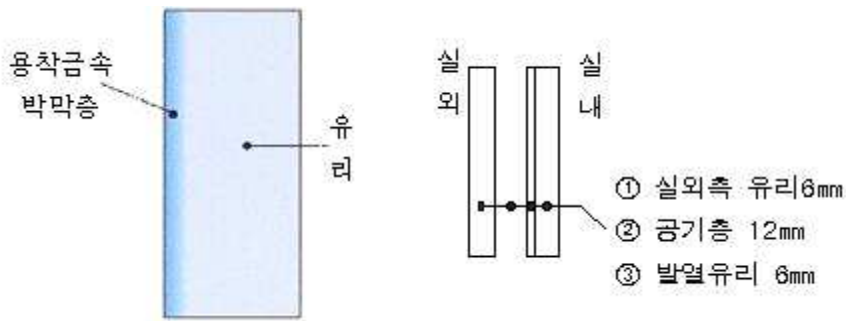


그림2-4 발열유리의 단면구성

표2-1 발열유리의 광학적 성능 및 열적성능

| 종 류 | 광학적 성능 | | | | | 열 적 성 능 | | |
|---------------------------|--------|-------------|------|-------------|------|----------------|---------------|------------|
| | 투과율(%) | | | 반사율(%) | | 열관류율 (W/㎡K) | 차폐계수 (SC값) | 일사열 취득율 |
| | 자외선 | 가시광 | 일사 | 가시광 | 일사 | | | |
| Sunbalance Green* | 15.0 | 66.8 | 34.2 | 12.0 | 28.8 | 1.7 | 0.46 | 0.40 |
| Sunbalance Sliver* | 26.3 | 69.9 | 46.7 | 18.9 | 24.2 | 1.8 | 0.61 | 0.54 |
| Sunbalance Neutral Green* | 14.6 | 66.7 | 34.1 | 11.4 | 27.1 | 1.7 | 0.46 | 0.40 |
| Sunbalance Clear* | 25.2 | 75.4 | 49.6 | 11.9 | 19.9 | 1.8 | 0.65 | 0.57 |
| Sunbalance Cool Blue* | 9.4 | 60.2 | 28.9 | 18.9 | 31.6 | 1.6 | 0.39 | 0.35 |
| Sunbalance Cool Green* | 11.9 | 57.6 | 28.2 | 21.4 | 32.4 | 1.6 | 0.38 | 0.34 |
| 발열유리(6mm 단판)** | 48 | 82 | 67 | 11 | 12 | 6.0 | 0.87 | 0.75 |
| 발열유리*** | - | 64.3 | - | 15.8 | - | 1.6 | 0.66 | - |

주) 발열유리(6mm 단판)외는 모두 24mm Pair Glass(6mm 유리+12mm 공기층+6mm Low-E유리)의 성능임.

* Sunbalance는 Asahi Glass사의 제품이며 성능은 Asahi Glass사의 데이터를 인용하였음.

** 발열유리(6mm 단판)의 성능은 PPG사의 데이터임.

*** 발열유리의 성능은 한국건자재연구원의 실험 결과임.

발열유리의 광학적 성능 및 열적 성능^{2),4)}을 표2-1에 나타낸다. 표에 나타난 성능은 발열유리를 24mm 복층유리(6mm Float 유리+12mm 공기층+6mm 발열유리)로 가공하였을 때의 광학적 성능 및 열적 성능을 동일구조(6mm Float 유리+12mm 공기층+6mm Low-E유리)인 Low-E 복층유리(Asahi Glass제품)의 성능과 비교 한 것이다. 참고로 6mm 발열유리 단판의 성능도 표에 나타내었다. 발열유리의 성능은 한국건자재연구원의 실험결과이며 발열유리의 가시광 투과율은 64.3%로 Low-E 복층유리의 가시광 투과율과 큰 차이가 없기 때문에 실내에서의 조망감 및 개방감에는 전혀 지장이 없다. 발열유리의 열적성능에서 일사의 차폐계수는 Low-E 복층유리보다 조금 높은 0.66, 열관류율은 $1.6\text{W/m}^2\text{K}$ ($1.38\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$)로 Low-E 복층유리와 동일한 단열성능을 가지고 있다. 즉 발열창 시스템에 전력을 공급할 필요가 없는 하절기 및 중간기에는 Low-E 복층유리를 사용한 것과 같은 단열성능을 발휘하여 냉방부하를 저감하고 쾌적한 실내 온열환경을 조성할 수 있다.

건물 외측창에 발열창 시스템을 적용한 경우의 시스템 구성을 그림2-5에 나타낸다. 동절기, 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도는 외기온, 실내기온, 발열량의 관계에 의해 결정된다. 즉 유리의 온도를 올리기 위한 열량, 외부로의 손실열량 및 실내측으로의 손실열량이 발열창 시스템에 공급되는 전력에 의해 발생하는 발열량과 같으며 실내기온이 일정하게 설정되어 있다면 외기온과 공급전력량이 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도를 결정하는 변수가 된다. 따라서, 실내기온과 공급되는 전력량이 일정하게 설정되어 있는 경우는 외기온의 변화에 따라 실내측 유리의 표면온도는 변하게 되므로 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도를 감지하는 온도센서를 이용하여 공급되는 전력량을 조절해야만 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도를 일정하게 유지할 수 있다.

발열창 시스템을 적용할 경우 실내에서 외부로 손실되는 열을 감소시킬 수 있는 것은 외부로의 열손실이 실내에서 일어나는 대신 발열창 시스템의 발열면에서 열손실이 발생하기 때문이며 실내공간을 기준으로 한 열관류율 및 단열성능이 향상되는 결과를 가져온다. 또한, 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도를 실내기온과 거의 같이 유지할 수 있어 결로 발생 및 그에 따른 문제점을 해소할 수 있

다.

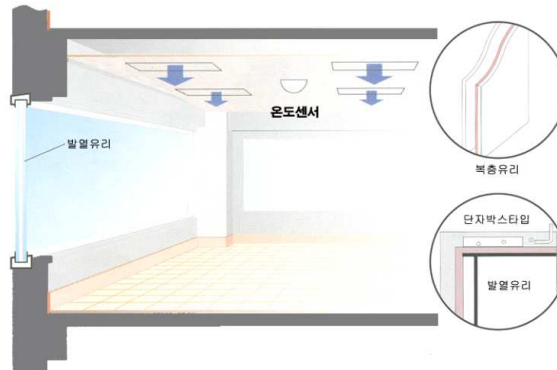


그림2-5 시스템을 적용할 경우의 발열창 시스템 구성

한편, 하절기의 경우는 발열창 시스템에 전력을 공급할 필요가 없으며 발열창 시스템이 가진 Low-E 복층유리와 동등한 열성능에 의해 실내로 유입되는 관류 열량과 일사열을 경감시켜 냉방부하를 크게 줄일 수 있다.

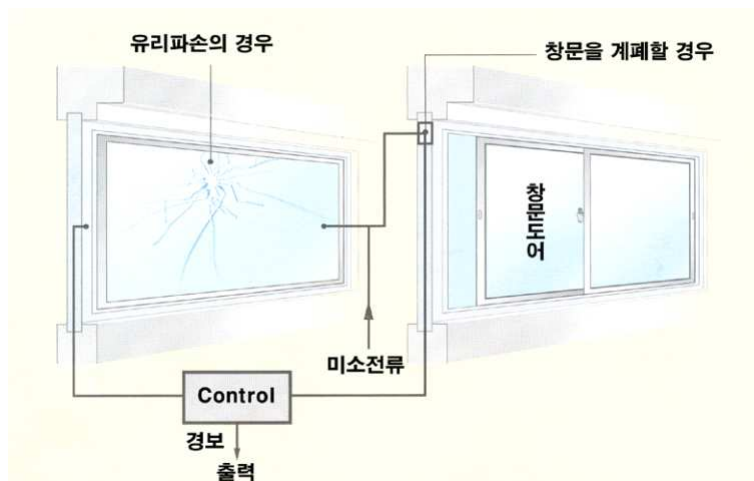


그림2-6 발열창 시스템의 방법 기능

이러한 장점 이외에 발열창 시스템은 그림 2-6에 나타내는 것과 같이 방법 기능⁵⁾을 가지고 있다. 일반적인 방법 시스템은 진동, 움직임 등을 감지하는 방식이

기 때문에 오작동이 빈번하지만 발열창 시스템의 경우는 유리가 파손되거나 창이 개폐될 때 유리에 흐르는 전류가 변화하므로 이를 감지하는 센서를 부착한다면 오작동이 거의 없이 외부의 침입을 감지할 수 있는 차세대 방범시스템으로도 활용할 수 있다.

2.2 습도와 건강의 관계

발열창 시스템의 적용목적은 소극적인 결로방지에 둘 경우 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도는 실내의 노점온도보다 조금 높게 유지하면 된다. 실내의 노점온도는 실내의 공기 중에 포함된 수증기량 즉 습도(절대습도, 수증기분압, 상대습도)에 의해 결정되며 습도가 높을수록(상대습도의 경우는 온도에 의한 차이가 있음) 노점온도는 높아진다. 또한, 발열창 시스템의 전력 소비량은 실내측 유리의 표면온도에 비례하므로 실내의 습도를 낮게 유지할수록 발열창 시스템의 전력 소비량을 줄일 수 있다.

그러나 공기중의 습도는 인체의 체온조절기구, 공기중의 병원균 번식 등에 영향을 미치기 때문에 인체의 건강과 쾌적성에 있어서 중요한 요소라 할 수 있다. 따라서 노점온도를 낮추기 위해 실내 습도를 너무 낮게 유지하는 것이 아니라 인체의 건강과 쾌적성을 해치지 않는 최저 습도를 유지할 필요가 있다.

건강에 대한 습도의 영향은 먼저 습도가 높을 경우 곰팡이, 진드기의 번식에 따른 건강상의 악영향이 발생하며, 반대로 습도가 낮을 경우는 인플루엔자 바이러스 등의 생존시간이 연장되고 콧구멍, 인후 점막의 건조를 유발시키며 아토피성 피부염, 기관지 천식 등 알레르기성 질환이 증가된다.

습도조건과 진드기의 생식에 대해서 宮崎⁶⁾ 등은 실험을 통해 상대습도 75~86%의 조건에서는 진드기의 수가 계속 증가하는 것에 반해 상대습도 61% 미만에서는 진드기의 행동이 억제됨을 밝히고 있다. 또한 곰팡이의 생육과 습도의 관계에 대해서는 菅原⁷⁾ 등이 습도가 높을수록 곰팡이 균사의 신장속도가 빨라지며 습도 75%일 때는 습도 100%일 때에 비해 신장속도가 반 정도이며 55%이하에서는 균사는 거의 신장되지 않음을 실험을 통해 밝히고 따라서 습도를 55%이하로 유지하는 것이 바람직하다⁸⁾ 고 하고 있다.

이와 같이 습도가 55~60% 이상인 고습도 환경인 경우는 진드기와 곰팡이의 번식이 활발해지며 곰팡이나 진드기의 번식이라는 관점에서 습도는 새집증후군에도 관련하고 있을 가능성을 최근 岸 등이 역학적 조사결과⁹⁾에서 밝히고 있다.

한편, Hemmes¹⁰⁾ 등은 인플루엔자 바이러스를 에어로졸 형태로 분무하고 2분

후의 인플루엔자 바이러스의 생존율을 조사하여 상대습도 40%이하에서는 바이러스의 1%만이 사멸한 것에 비해 50~90%에서는 10% 정도가 사멸하였다고 보고하고 있다. 또 Harper¹¹⁾ 등은 인플루엔자 바이러스 생존율의 시간변화와 상대습도의 관계를 연구하여 상대습도 50%이상인 경우에는 바이러스 생존율이 10시간 후에 0.1%인 것에 비해 상대습도가 35%와 20%에서는 10시간 후에 약 반수가 생존하며 24시간이 경과하여도 10~20%가 생존했다고 밝히고 있다.

이와 함께 습도가 낮아지면 피부, 점막으로부터 수분의 발산이 촉진되어 피부, 점막의 건조가 일어난다. McIntyre 등¹²⁾은 피부에 있어서 최적의 온습도는 23℃, 상대습도 70%라 하고 있으며 습도의 저하와 함께 피부로부터의 수분증발은 증가되며 20℃, 상대습도 15%이하가 되면 피부의 건조가 발생한다는 보고¹³⁾도 있다. 피부의 건조가 심해지면 손이 트거나 갈라지는 현상이 일어나게 된다. 또한 상대습도가 25%까지 내려가면 코의 건조를 야기시킨다고 Proetz¹⁴⁾는 보고하고 있다.

이와 관련하여 三浦는 Winslow 등의 자료로부터 구강점막의 건조가 발생하는 온도와 습도를 그림2-7과 같은 그래프로 나타내고 있다. 기온이 11.5℃ 일 경우는 상대습도가 100%이더라도 구강점막의 건조가 발생하며 20℃에서는 57.9% 이하에서 구강점막의 건조가 발생한다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 습도가 낮을 경우에는 비강(鼻腔), 인후 점막의 건조를 일으키고 기도의 선모나 점액의 유동성을 저하시키며 저습도에서 활성화되는 인플루엔자 등의 바이러스 배제가 장애 받아 결과적으로 감기 등의 감염을 일으키기 쉽게 된다. 또한, 실내의 건조는 피부나 점막의 건조를 가져오며 아토피성 피부염이나 기관지 천식 등의 알레르기성 질환의 증가 원인이 될 수 있다.

서울, 부산, 대구의 기온 및 습도의 평균적 특성을 나타내는 크리모그래프와 함께 건강과 습도의 관계에 대한 이상의 내용을 정리하여 나타낸 것이 그림2-8이다. 서울, 부산, 대구의 경우 인체의 건강을 위해서는 연중 기온과 습도의 제어가 필요하다는 것과 건강을 위한 습도의 적정범위는 50~60%임을 알 수 있다.

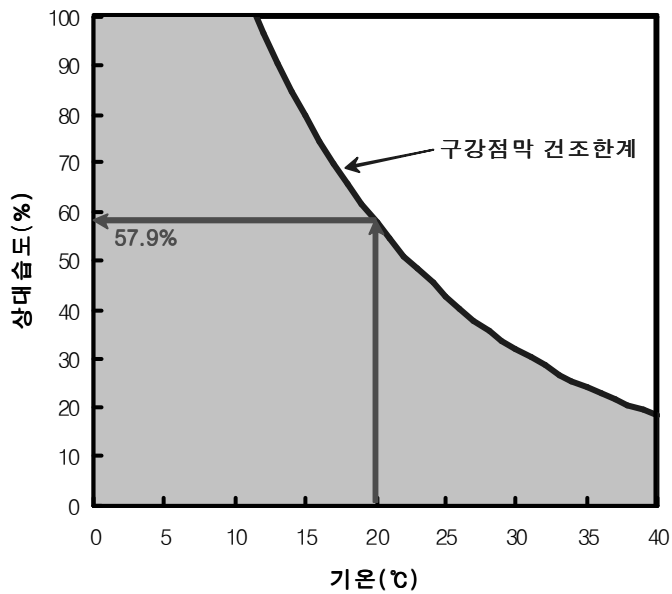


그림2-7 온도 및 습도조건과 구강점막의 건조

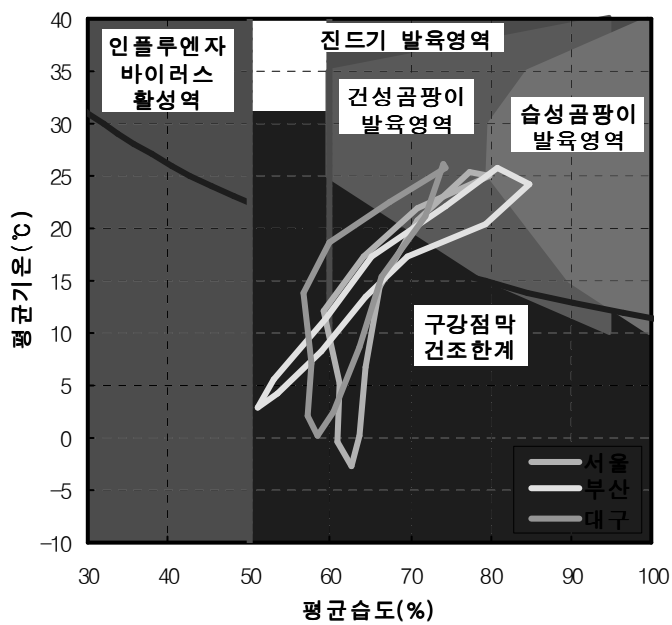


그림2-8 온도 및 습도조건과 건강과의 관계

2.3 동절기 주택 실내의 온습도 변화

오피스 등과 같이 공조에 의해 실내의 온도 및 습도조건을 제어할 경우에는 실내를 적정 습도로 유지하기가 용이하다. 그러나 아파트를 포함한 주택의 경우는 온돌 등을 이용하여 실온만을 제어하기 때문에 적정 습도를 유지하기에는 어려움이 있다. 특히, 핵가족화와 맞벌이 부부의 증가, 확장 발코니형의 증가 등으로 기밀성과 단열성이 높은 주택이 상당 시간 외기와 단절된 밀폐공간으로 유지되기 때문에 실내에서 발생한 수증기가 외기로 배출되지 못하고 실내에 축적될 가능성이 높아 결로 발생의 위험이 높다. 이를 방지하기 위해서는 아파트를 포함한 주택의 습도 변화 실태를 파악할 필요가 있으나 이에 대한 연구자료는 거의 없는 상황이다.

이에 본 절에서는 S건설 직원의 주택을 대상으로 동절기 실내 온습도 변화에 대해 조사하였다.

2.3.1 실측실험의 개요

아파트를 포함한 주택의 온습도 변화를 검토하기 위해 S건설 직원을 대상으로 주택의 온습도 실측을 의뢰하였다. 온습도의 측정기 간은 2004년 2월 22일부터 3월 25일까지 약 한달이며 유효 Data수는 17명이었다. 실측 방법은 실측을 의뢰 받은 직원이 자택의 거실에 온습도를 설치하고 10분 간격으로 이틀 이상을 측정하도록 하였으며 온습도 계측의 종료 시에 설문에 응답하도록 의뢰하였다.

설문 내용(부록 1 참조)은 크게 4가지로 가족구성, 주거유형, 난방방식 및 스케줄, 생활 패턴에 대한 것으로 주거유형에서는 아파트, 단독주택, 연립주택의 주거 형태를 질문했으며 특히 아파트일 경우는 아파트 유형과 노후정도에 따라 습도변화에 차이가 있을 것으로 생각되어 복도형인가 계단실형인가와 건축 후 1년에서 20년 이상까지를 7단계로 나누어 선택하도록 하였다.

또 난방에 대해서는 중앙집중식, 개별난방, 지역냉난방의 난방방식과 난방 스케줄을 시간별로 기록하도록 하였다. 이와 함께 실내 습도의 변화는 생활패턴과 관련성이 높기 때문에 측정기간을 주중 및 토요일과 일요일로 나누고 시간별로 기록하도록 하였고 항목으로는 습도변화에 영향을 미칠 것으로 예상되는 조리, 세탁,

세탁물 건조, 목욕 및 샤워, 세면, 가습, 환기의 7항목으로 하였다.

온습도 실측 및 설문에 응답한 세대의 평수는 24~34평이었으며 가족은 2~4인으로 주택의 넓이와 가족 구성원 수에는 큰 차이가 없었다.

2.3.2 주택 유형별 온습도 비교

계단실형 아파트, 복도형 아파트, 단독 및 다세대 주택의 평균습도, 평균기온, 최고노점온도를 비교한 것이 그림2-9이다. 이들 주거 유형에 있어서 습도, 기온 및 노점온도에 큰 차이는 보이지 않는다. 다만 평균기온에서 단독 및 다세대주택이 아파트에 비해 평균기온이 조금 낮으며 계단실형 아파트보다 복도형 아파트의 평균기온이 조금 높게 나타났다.

아파트 중에서 난방방식에 따른 평균기온, 평균습도, 최고노점온도의 차이를 검토한 것이 그림2-10이다. 평균기온은 중앙집중식 난방방식의 아파트가 다른 유형의 아파트보다 1℃정도 높게 나타났으며 평균습도는 지역냉난방 방식의 아파트가 30~60%로 타 방식의 아파트보다 높게 나타났다. 또한 최고노점 온도도 지역냉난방 방식의 아파트가 타 방식의 아파트보다 조금 높은 경향을 보이고 있다.

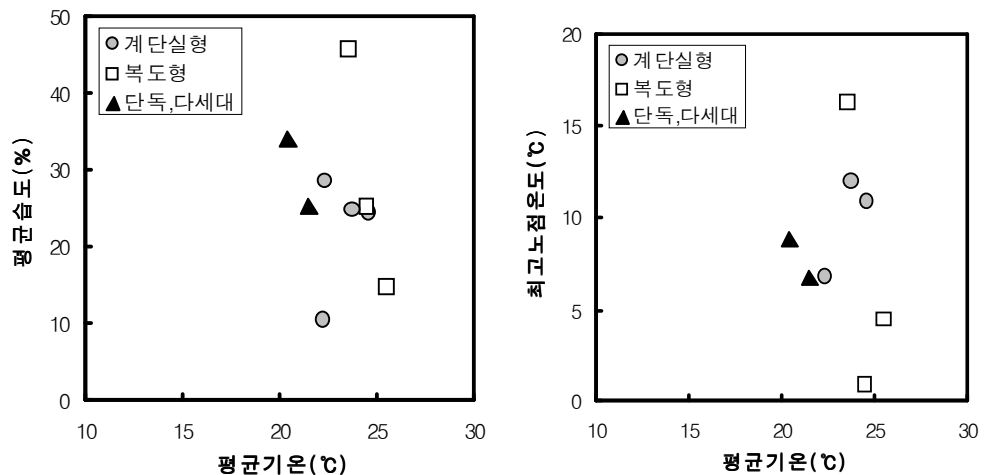


그림2-9 계단실형, 복도형 아파트와 단독, 다세대 주택의 비교

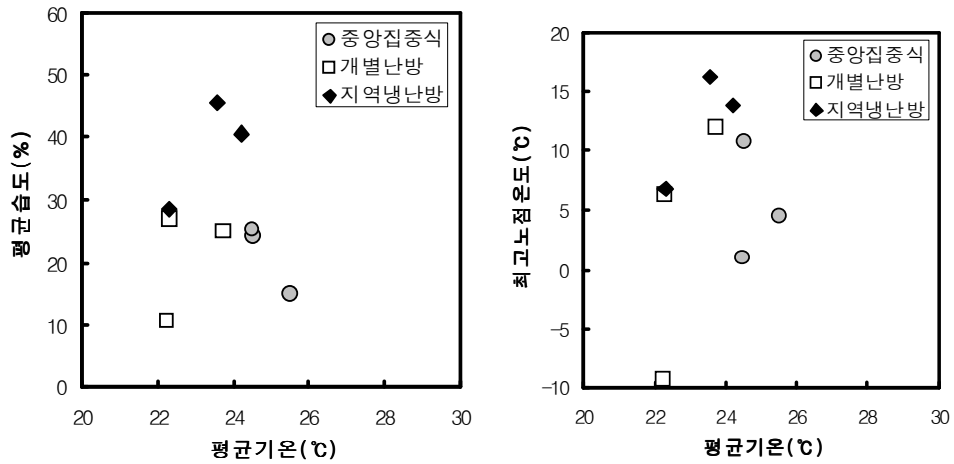


그림2-10 아파트의 난방방식에 따른 기온, 습도, 노점온도 비교

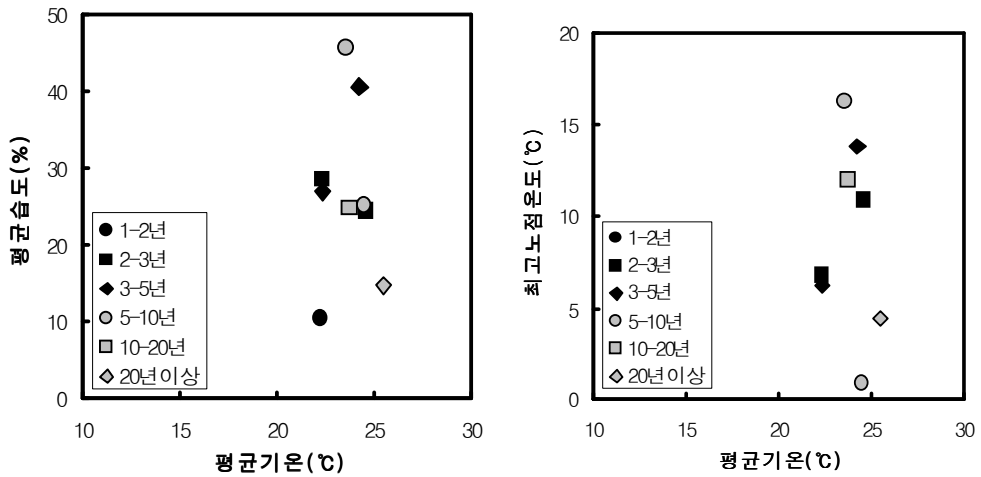


그림2-11 아파트의 노후정도에 따른 기온, 습도, 노점온도 비교

그림2-11은 아파트의 노후정도에 따른 평균기온, 평균습도, 최고노점온도를 비교한 것으로 예상과는 달리 노후정도에 따른 차이는 보이지 않았다.

2.3.3 온습도의 변화 범위

주택 및 난방방식의 유형, 노후정도에 따른 온도 및 습도, 노점온도의 비교 검토에서 큰 차이가 나타나지 않았기 때문에 17세대 전체에 대해 온도, 습도 및 노점온

도의 변화 범위를 검토하였다.

그림2-12는 각 측정 세대별 실온의 변동범위와 평균실온을 나타낸 것으로 평균 실온은 18℃ 정도인 Case14를 제외하면 20~25℃의 분포를 보이고 있다. 또 실 온의 변동범위는 5℃ 전후인 세대가 많으며 10℃가 넘는 경우도 3세대 있었다.

상대습도의 평균과 변동 범위를 그림2-13에 나타낸다. 평균상대습도는 모든 세 대가 50%를 넘지 못하며 전반적으로 상대습도가 낮아 거주자의 건강에 영향이 미 칠 우려가 있다. 또 상대습도의 변동 범위가 50%이상인 경우로 4세대 있었다.

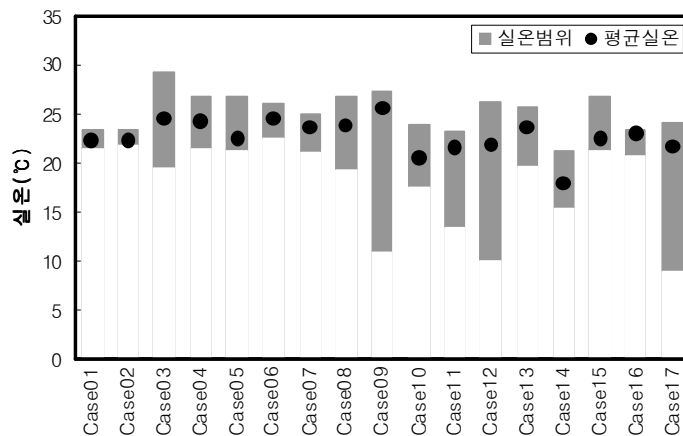


그림2-12 세대별 평균실온 및 실온변동 범위

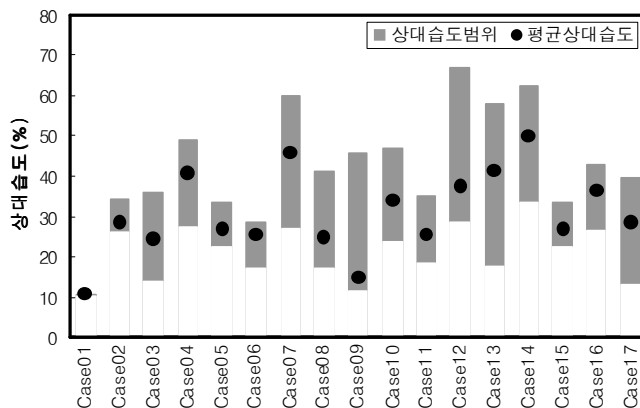


그림2-13 세대별 평균상대습도 및 상대습도변동 범위

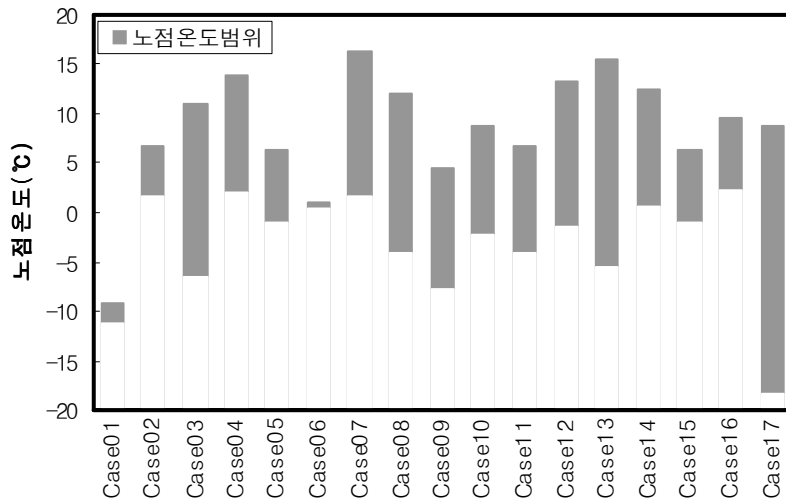


그림2-14 세대별 노점온도의 변동 범위

그림2-14는 세대별 실온 및 상대습도를 이용하여 노점온도를 계산하고 그 변화 범위를 나타낸 것이다. 노점온도의 변동 범위도 상대 습도의 변동 범위와 같이 세대간의 차이가 크게 나타났으며 최고노점온도가 가장 높은 세대는 Case07로 16.2℃, 가장 낮은 세대는 -9.3℃인 Case01이었다.

2.3.4 온·습도의 일변화

온·습도의 변화범위에서 특정 경향이 나타나지 않았기 때문에 최고노점온도가 가장 높았던 Case07 세대를 대상으로 온도, 습도, 노점온도의 일변화를 검토하였다.

그림2-15은 대상 세대에서 측정된 기온 및 노점온도와 상대습도의 관계를 나타낸 것으로 상대습도가 높을수록 노점온도와 기온이 높아지는 경향을 나타내고 있다. 그림2-16은 온도 및 습도의 일변화를 나타낸 것으로 실온은 21~25℃의 범위에 있으며 12시 전후와 24시 전후 실온이 낮아지는 경향을 보인다. 상대습도는 12시 전후에 가장 낮은 값을 나타내며 24시 이후부터 06시까지 상승하는 경향을 나타내며 60% 가까이 상승할 때도 있다.

노점온도의 일변화는 그림2-17에 나타내는 것과 같이 12시 경에 10℃이하의

가장 낮은 값을 나타내며 06시경에 가장 높은 노점온도가 되는 경향을 나타낸다.
 특히 06시에는 노점온도가 16℃까지 상승하는 경우도 있어 결로 발생의 위험이
 높을 것으로 사료된다.

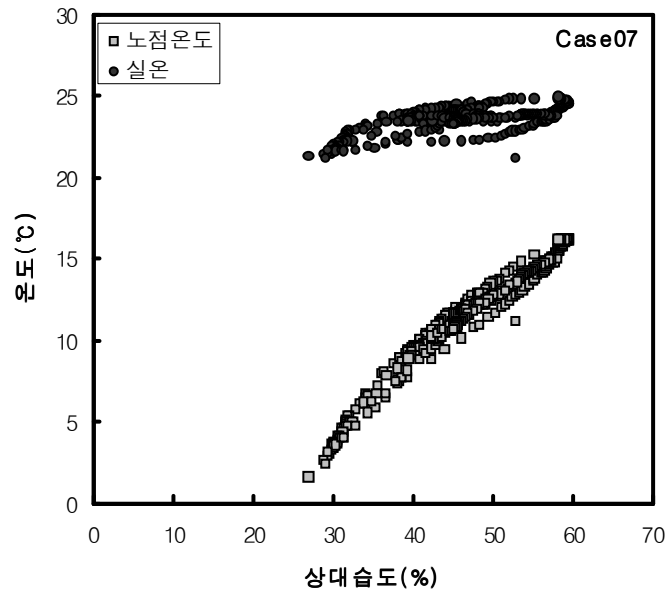


그림2-15 기온 및 노점온도와 상대습도의 관계

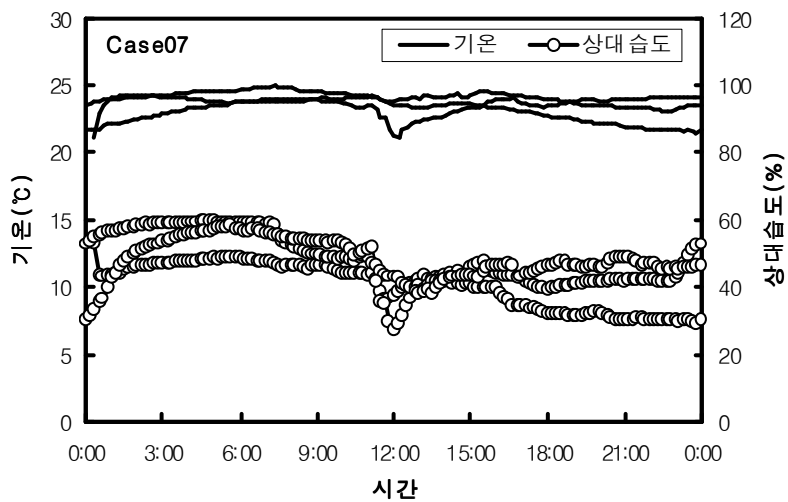


그림2-16 기온 및 상대습도의 일변화

온도, 상대습도, 노점온도의 이와 같은 일변동 경향은 생활패턴의 영향이 있을 것으로 생각되어 대상 세대인 Case07의 생활패턴을 검토하였다.

이 세대는 30평 아파트에 4인 가족이 거주하고 있으며 아파트는 복도형으로 난방방식은 지역냉난방 방식이다. 또 건설된 후 5~10년이 경과된 아파트이다.

그림 2-18에 나타내는 것과 같이 난방은 17시부터 가동되어 다음 날 08시에 중지되고 주간에는 난방을 하지 않고 있다. 가습은 전혀 하지 않으며 조리, 세면, 목욕 및 샤워는 아침과 저녁에 짧은 시간 이루어지고 10시경에 1시간정도 환기를 하고 있다. 특이할 점은 21시부터 다음날 9시까지 실내에서 세탁물을 건조시키고 있다.

앞에서 검토한 온습도 및 노점온도의 변동 경향과 생활패턴을 함께 고려하면 12시 전후에 상대습도가 낮아지는 것은 10시경에 환기시키는 것의 영향이라 판단되며 06시 경에 상대습도가 가장 높아지는 것은 세탁물 건조의 영향이라 생각된다.

따라서, Case07 세대에 발열창 시스템을 적용할 경우 결로발생을 방지하기 위한 실내측 유리의 표면온도는 이 세대의 최고노점온도인 16.2°C 이상이 되어야 한다는 것을 알 수 있다.

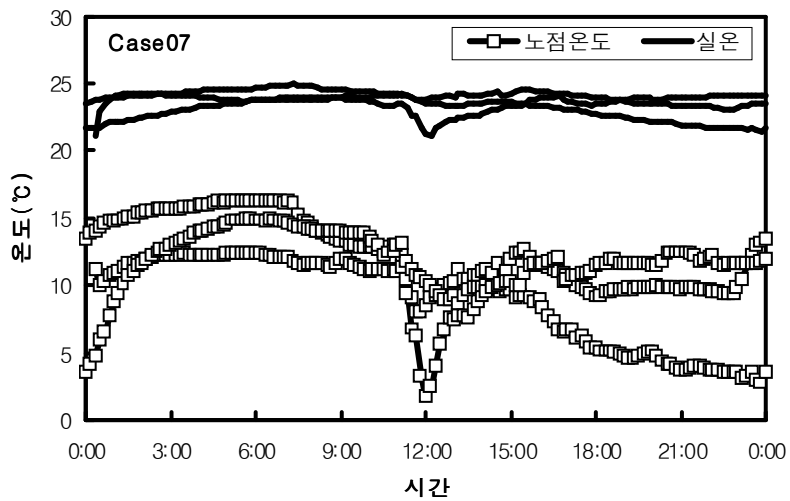


그림2-17 기온 및 노점온도의 일변화

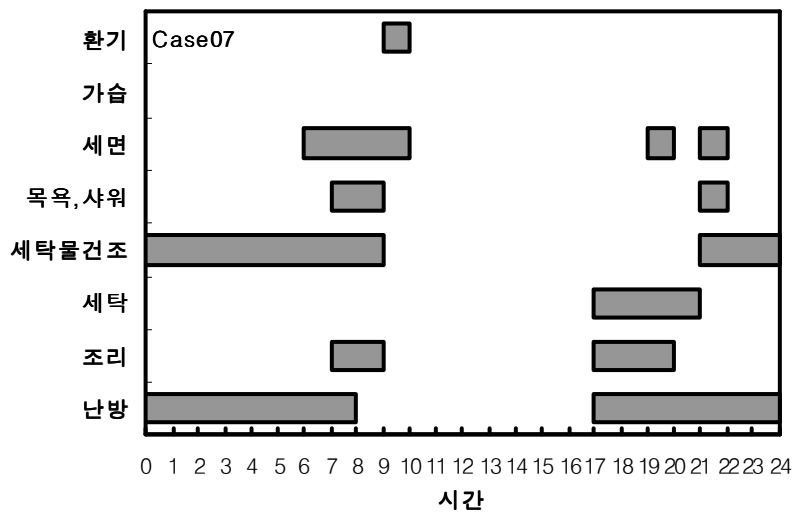


그림2-18 대상 세대의 생활패턴

2.4 발열창 시스템의 최적 표면온도

발열창 시스템의 최적 표면온도는 발열창의 적용 목적을 기준으로 설정할 수 있을 것이다. 먼저 결로방지를 위해 발열창 시스템을 적용하는 경우는 결로의 발생만을 방지하면 되므로 이 때의 발열창 시스템 실내측 유리의 최적 표면온도는 최저표면온도가 될 것이며 쾌적성 개선을 위해 발열창 시스템을 적용할 경우는 쾌적성의 개선 효율과 에너지 소비량의 관계에서 설정할 수 있으며 이 때의 최적표면온도가 발열창 시스템 실내측 유리의 최고 표면온도가 될 것이다.

2.4.1 발열창 시스템의 최저표면온도

발열창 시스템 실내측 유리의 최저 표면온도는 발열창 시스템을 결로방지만을 위해 적용하기 때문에 2절, 3절에서 검토한 것과 같이 실내의 온습도를 근거로 설정할 수 있다.

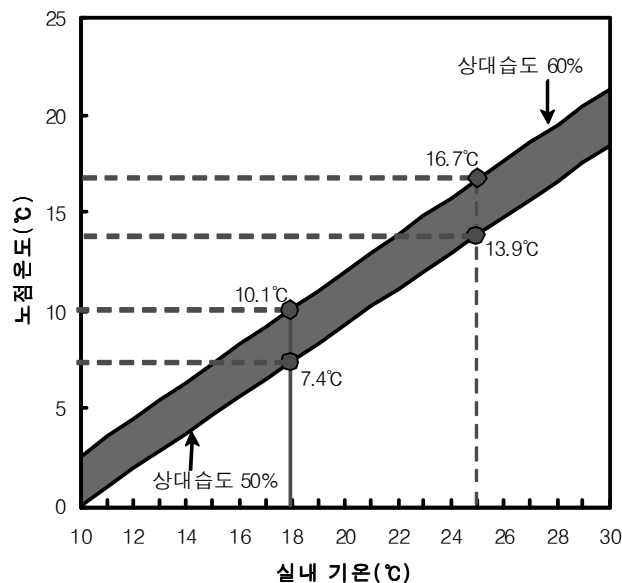


그림2-19 인체 건강상 실내 적정 상대습도일 때의 노점온도

먼저 2절에서 검토한 것과 같이 인체의 건강을 위한 실내의 상대습도는

50~60%가 적절한 것으로 판단되며 이 때의 노점온도는 그림2-19에 나타낸 것과 같이 실온이 18℃일 때 7.4℃~10.1℃, 실온이 20℃일 때 9.3℃~12.0℃, 실온이 25℃일 때 13.9℃~16.7℃가 되므로 17℃ 이상으로 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도를 유지하면 결로를 방지할 수 있다. 또한, 거주자가 생활하고 있는 주택(아파트) 실내의 온습도 변화를 실측 검토(3절)한 결과에서 가장 높았던 노점온도가 16.2℃였으므로 이 또한 17℃ 이상으로 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도를 유지하면 결로를 방지할 수 있다.

그러나 발열창 시스템의 적용 목적이 결로 방지에 있으므로 어떤 돌발적인 상황에서도 결로가 발생하지 않도록 하기 위해 5%정도의 위험율을 고려하여 18℃정도로 발열창 시스템 실내측 유리의 최저 표면온도를 유지하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 단, 목욕탕 등과 같이 사용시 실내 상대습도가 100%에 근접하는 고습도 공간에서는 결로를 방지하기 위해서는 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도를 실온과 동일하게 유지해야 할 필요가 있다.

실내 공기의 노점온도가 18℃일 경우의 상대습도는 그림2-20에 나타내는 것과 같이 기온 18℃일 때 100%, 기온 20℃일 때 88.3%, 기온 25℃일 때 65.1%이다.

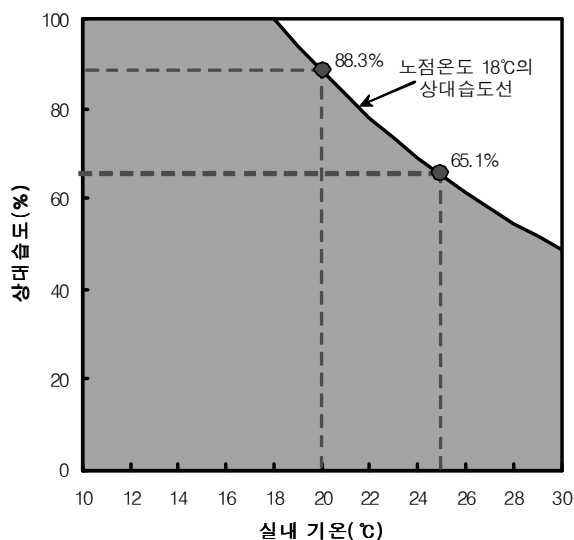


그림2-20 노점온도 18℃일 때의 상대습도

2.4.2 발열창 시스템의 최고 표면온도

발열창 시스템을 결로방지가 아닌 실내 쾌적성의 개선을 위해 적용할 경우, 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도 즉 발열창 시스템의 최고 표면온도를 어느 정도로 설정할 것인가에 대해서는 예상 평균 온열감(PMV)와 예상 불만족도(PPD)의 계산 결과를 바탕으로 설정하였다.

PMV는 7단계 온열감 척도(+3:hot, +2:warm, +1:slightly warm, 0:neutral, -1: slightly cool, -2:cool, -3:cold)에 대한 많은 사람들의 의사 표시의 평균치를 예측하는 것으로 활동량, 착의량, 온도, 평균복사온도(MRT), 상대 기류속도, 상대습도의 온열환경 6요소를 이용하여 아래의 식으로 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{PMV} = & (0.303e^{-0.036M} + 0.028) \\ & \times \{ (M-W) - 3.05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6.99(M-W) - p_a] - 0.42 \\ & \times [(M-W) - 58.15] - 1.7 \times 10^{-5} M(5867 - p_a) \\ & - 0.0014M(34 - t_a) - 3.96 \times 10^{-8} f_{cl} \\ & \times [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c(t_{cl} - t_a) \} \dots\dots\dots (\text{식 } 2-1) \end{aligned}$$

M : 활동량[W/m²]

W : 외부일[W/m²]

t_a : 공기온도 [°C]

t_r : 평균복사온도 [°C]

p_a : 수증기 분압 [Pa]

t_{cl} : 의복 표면온도 [°C]

h_c : 대류 열전달 계수 [W/m²°C]

f_{cl} : 나체일 경우 인체 표면적에 대한 착의시 인체 표면적 비율

또한 PPD는 많은 사람들 중 열적으로 불쾌적(hot, warm, cool, cold)하게 느끼는 사람들의 비율을 예측하는 것으로 아래의 식을 이용하여 계산한다.

$$\text{PPD} = 100 - 95 \times e^{-(0.03353 \times \text{PMV}^4 + 0.2179 \times \text{PMV}^2)} \dots\dots\dots (\text{식 } 2-2)$$

상기의 식들을 이용하여 발열창 시스템을 적용한 공간을 대상으로 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도와 PMV 및 PPD의 관계를 검토하였다. 발열창 시스템을 적용한 공간은 그림2-21에 나타내는 용인시 아파트의 54평 거실로 하였고 그림

2-22에 나타내는 거실창에 발열창 시스템(3.6㎡ X 2.5㎡)을 적용하는 것으로 가정

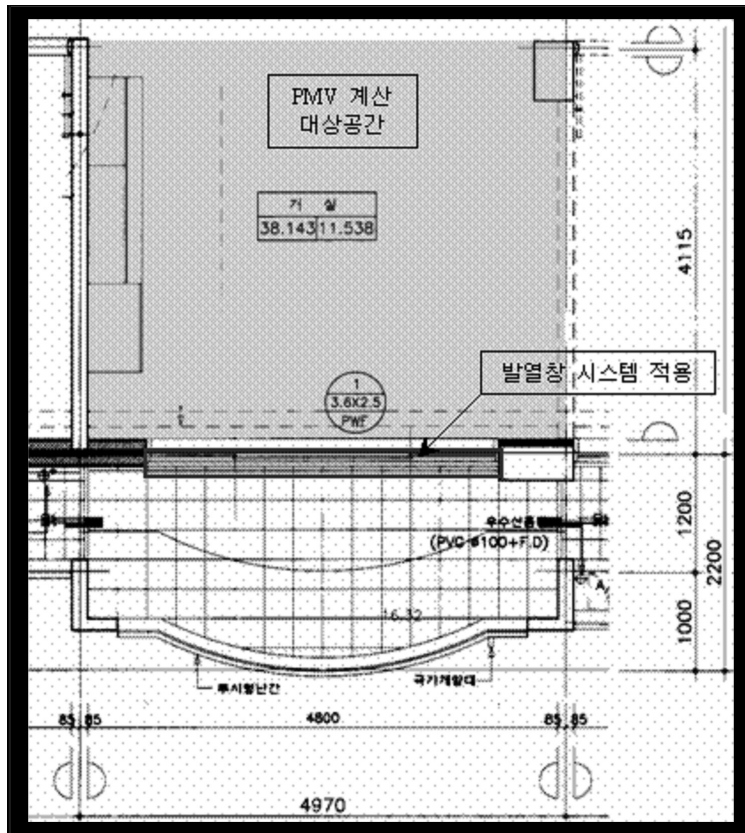


그림2-21 PMV 및 PPD를 계산한 대상실의 평면

하였으며 계산 조건은 표2-2에 나타낸다. 또, 평균복사 온도를 계산하기 위한 조건인 실내 각 부위의 표면온도는 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도만이 변수가 되도록 실온과 동일하다고 가정하였다.

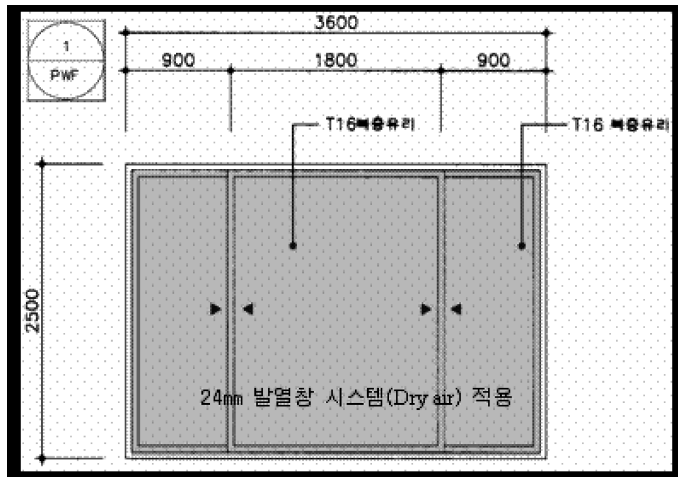


그림2-22 PMV 및 PPD 계산 대상실의 발열창 시스템 적용 창호 상세

표2-2 PMV 및 PPD계산을 위한 조건

| 조 건 | 설 정 값 | 비 고 |
|-------------------|------------------------|-------------|
| 활동량(M) | 69.8[W/m²] | 경작업(1.2met) |
| 외부일(W) | 0[W/m²] | |
| 의복단열값(I_{cl}) | 0.16[m² °C/W] | 1 clo |
| 인체표면적비율(fcl) | 1.15 | |
| 공기온도(t_a) | 20, 25[°C] | |
| 상대습도 | 50[%] | |
| 기류속도(var) | 0.15[m/s] | |
| 대상실 크기 | W 10mX D 5 m X H 3.3 m | |

주) 수증기분압은 공기온도와 상대습도로 계산

PMV 계산 결과를 그림2-23에 나타낸다. 실온이 20℃인 경우의 PMV는 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도 상승과 함께 -0.9에서 -0.75로 상승하고 있으며 실온이 25℃인 경우의 PMV는 0.1에서 0.3으로 상승하고 있어 발열창 시스템의

실내측 유리 표면온도를 높일수록 쾌적성이 향상되고 있다. 또, 그림 2-24에 나타내는 PPD는 실온이 20℃인 경우에 표면온도의 상승과 함께 25%에서 15%로 감소하고 있지만 실온이 25℃인 경우에는 5%에서 7%로 조금 증가하고 있다. ASHRAE는 약 80%의 사람이 만족하는 범위를 쾌적영역¹⁵⁾으로 하고 있으므로 실내의 쾌적성을 향상시키기 위해서는 실온이 20℃인 경우에 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도를 PDD가 20% 이하가 되는 20℃ 이상으로 유지할 필요가 있다고 할 수 있다.

한편, 실온을 20℃로 설정할 경우 발열창 시스템의 전력소비량을 그림 2-24에 나타낸다¹⁾. 2003년 4년간 서울의 기온 Data를 이용하여 산출한 12월, 1월, 2월의 전력소비량이다. 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도를 18℃에서 25℃로 높임에 따라 전력소비량은 약 100kW에서 900kW 정도까지 상승하며 동절기 3개월의 전력소비량은 약 400kW에서 2,500kW까지 상승하고 있다.

발열창 시스템의 전력소비량에 대한 전기요금을 보면 그림 2-25에 나타내는 것과 같이 동절기 3개월을 합산한 전기요금이 18℃로 표면온도를 설정한 경우에 30,000원 정도이지만 실온과 같은 20℃로 설정하면 145,000원, 22℃일 때 420,000원, 25℃로 설정할 경우는 1,000,000원 정도가 되며 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도 20℃ 전후에서 전기요금이 큰 폭으로 상승하고 있다.

따라서 실온이 20℃인 경우 쾌적성 향상을 위해서는 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도를 높일수록 좋지만 경제성(전기요금)의 관점에서 20~22℃가 적절하다고 할 수 있다.

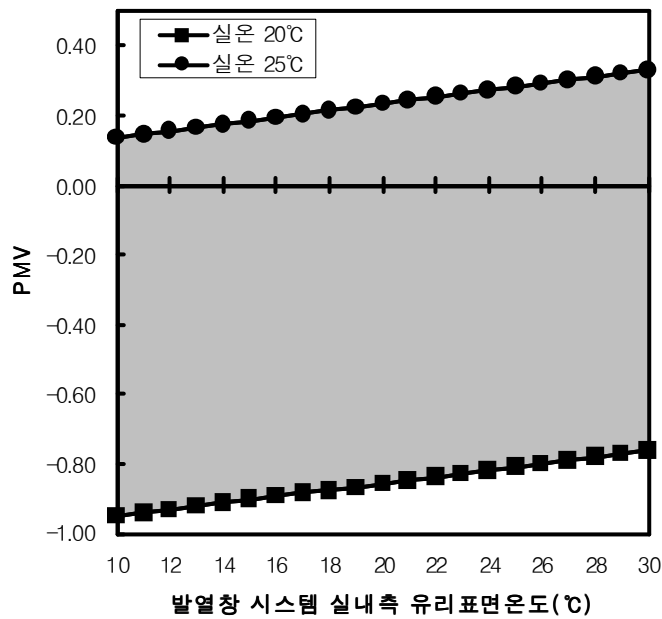


그림2-23 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도와 PMV의 관계

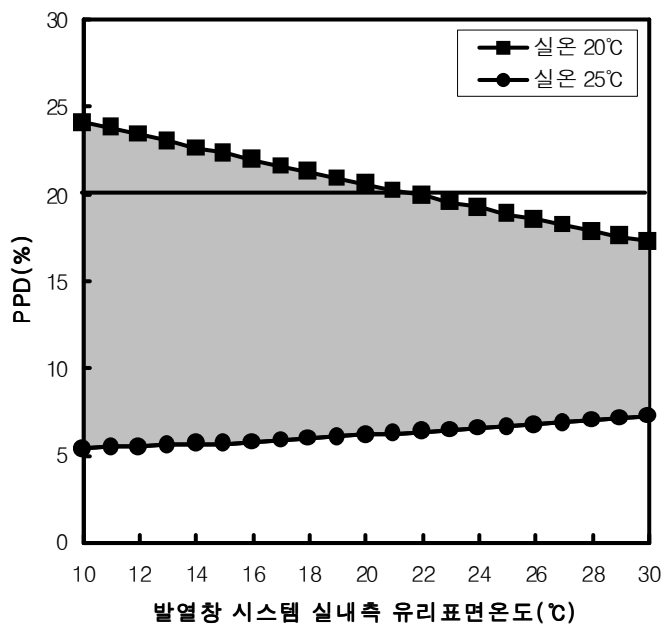


그림2-24 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도와 PPD의 관계

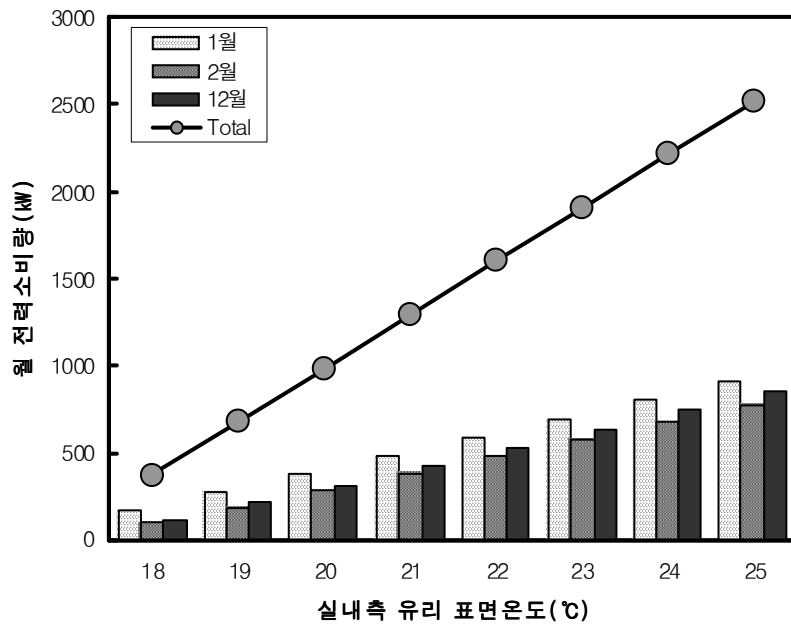


그림2-25 적용 발열창 시스템의 전력소비량

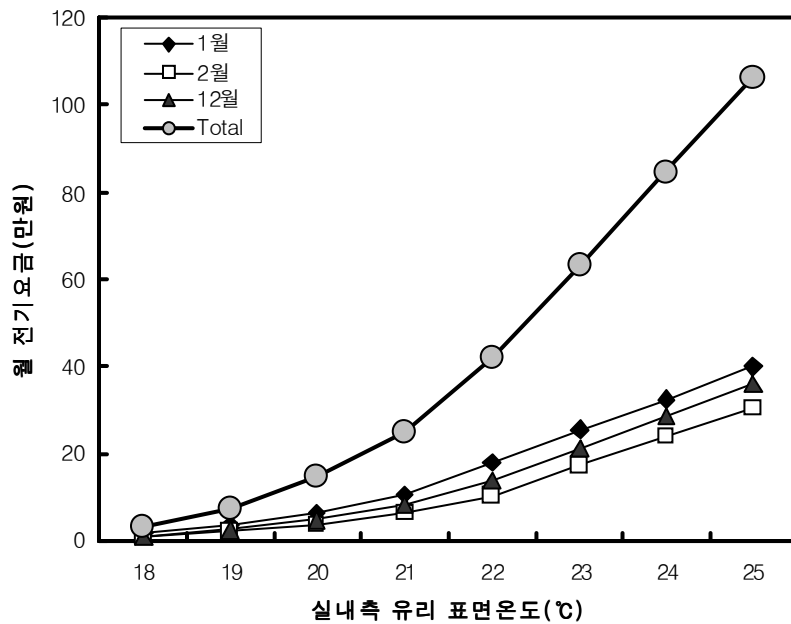


그림2-26 적용 발열창 시스템의 전기요금

Ⅲ. 실내 온열환경 개선 효과 분석

동절기 오피스와 같은 일반 건축물에 있어서 외부에 면한 창은 상대적으로 낮은 단열성 때문에 열손실 부하가 크다는 문제점과 함께 낮은 단열성에 기인하는 결로 발생 및 창 주변 온열환경의 쾌적성을 저해하는 요인으로 Cold Draft와 냉복사가 많이 지적되고 있다. 이러한 문제점에 대한 대책으로 복층유리 혹은 Low-E유리와 단열새시를 적용하여 단열성을 향상시킴으로써 열손실을 줄이고 있으며 Cold Draft와 냉복사를 방지하기 위해 창 하부에 FCU를 설치하고 있다. 그러나 이와 같은 대책으로는 Cold Draft와 냉복사에 의한 실내 온열환경의 악화 및 결로 발생을 완화할 수는 있지만 완전히 방지하기에는 어려움이 있다.

또한 아파트 및 주상복합의 경우는 좀 더 여유로운 거주공간 확보를 위해 발코니를 실내공간으로 편입한 확장 발코니형이 주축을 이루고 있지만 실내에서 발생하는 습기량이 상대적으로 많으며 오피스와 같이 창 하부에 Cold Draft 및 냉복사를 완화시킬 수 있는 설비를 설치할 수 없어 결로발생, Cold Draft 및 냉복사에 의한 실내 온열환경의 악화에 대한 대책이 시급한 문제라 할 수 있다.

본 장에서는 발열창 시스템을 적용할 경우 기대되는 실내 온열환경 개선효과를 실측결과¹⁶⁾ 및 기류 시뮬레이션을 통하여 검토하였다.

한편, 하절기는 열취득 부하와 일사의 유입이 문제가 되며 단열성 및 일사차폐 성능이 뛰어난 Low-E유리 등을 채용하고 있지만 전력을 공급하지 않은 상태의 발열창 시스템은 일반 Low-E유리와 거의 같은 단열성과 일사차폐성능을 가지기 때문에¹⁾ 기존의 방식과 동일하게 하절기의 문제점도 해결할 수 있다고 생각된다.

따라서, 본 장에서는 발열창 시스템에 전력을 공급하는 동절기를 대상으로 발열창 시스템 적용에 의한 실내 온열환경 개선효과를 검토한다.

3.1 유리의 표면온도 검토

동절기에 창 주변의 온열환경을 악화시키는 주원인의 하나인 냉복사는 낮은 유리의 실내측 표면온도에 그 원인이 있기 때문에 유리의 실내측 표면온도를 높게 유지함으로써 냉복사를 방지할 수 있다.

발열창 시스템과 일반 복층유리를 대상으로 실내측 유리의 평균표면온도를 실측실험을 통해 검토한 것이 그림 3-1이다¹⁾. 복층유리의 두께는 발열창 시스템이 25mm(FL 6^{mm} + A 13^{mm} + HG 6^{mm}), 일반 복층유리는 24mm(FL 6^{mm} + A 13^{mm} + FL 6^{mm})였다. 실내 기온은 20℃로 고정하고 실외 기온은 0℃, -5℃, -10℃, -15℃의 4 조건으로 설정하였으며 실내측 유리표면의 9 Point에서 각각의 표면온도를 계측하고 평균하여 비교하였다. 또 발열창 시스템은 실내측 유리 표면 온도가 14℃, 16℃, 19℃, 20℃가 되도록 공급 전력량을 설정하였다.

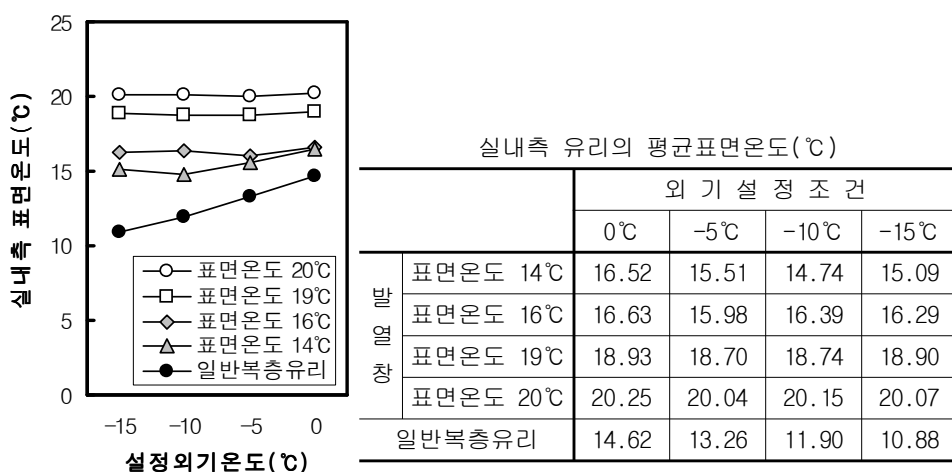


그림 3-1 실내측 유리의 평균표면온도

그림에 나타난 것과 같이 일반 복층유리의 경우 외기온이 0℃일 때 실내측 유리의 평균표면온도는 14.6℃, 외기온이 -15℃일 때 10.9℃로 외기온이 5℃씩 낮아짐에 따라 평균표면온도는 1℃정도 낮아지는 경향을 나타내지만 발열창 시스

템의 경우는 외기온에 관계없이 설정한 표면온도를 유지하고 있다. 한편, 발열창 시스템의 표면온도를 14℃로 설정한 경우는 유리의 실내측 표면온도가 설정온도보다 높은 15~16℃를 나타내고 있으며 이는 전력공급 시스템의 제어 능력에 의한 영향이다.

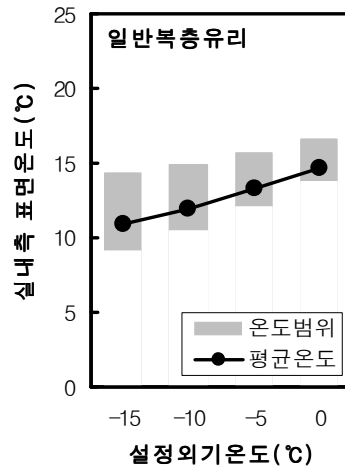


그림 3-2 실험조건별 실내측 유리 표면온도 범위

그림3-2, 그림3-3은 실험 조건별로 실내측 유리의 표면온도 범위를 정리 비교한 것이다. 표면온도의 범위는 9 Point에서 측정한 표면온도 중에서 최고온도와 최저 온도 사이를 막대그래프로 나타낸 것이다. 발열창 시스템, 일반 복층유리 모두 설정 외기온도가 높을수록 표면온도의 범위는 작아지는 경향을 나타내고 있다. 또, 일반 복층유리의 표면온도 범위에 비해 발열창 시스템의 표면온도 범위가 작게 나타나고 있으며 발열창 시스템에서는 설정한 표면온도가 높을수록 표면온도의 범위가 작은 것으로 나타났다. 즉, 일반 복층유리에 비해 표면온도가 균일한 발열창 시스템이 쾌적한 실내 온열환경 조성에는 유리하며 발열창 시스템에서도 표면온도를 높게 설정하는 것이 표면온도를 균일하게 유지할 수 있어 쾌적한 실내 온열환경 조성에는 유리하다고 할 수 있다.

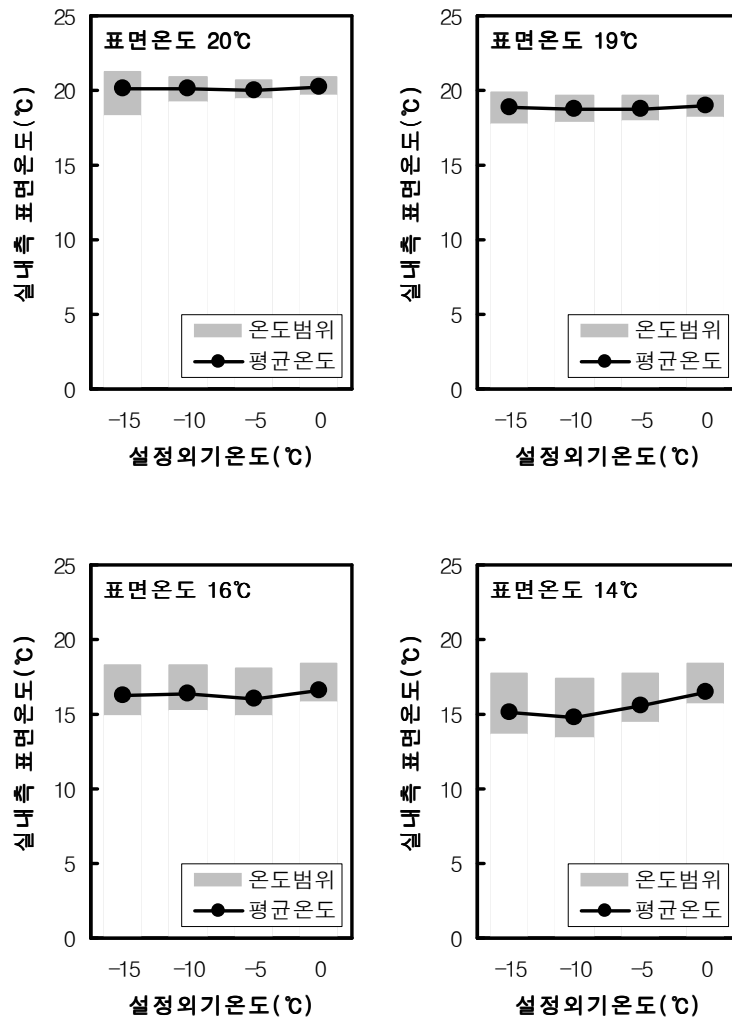


그림 3-3 발열창 시스템의 실내측 유리 표면온도 범위

3.2 냉복사 현상에 대한 검토

발열창 시스템의 냉복사 방지효과를 검토하기 위해 실내의 MRT(평균복사온도)를 검토하였다. 그림3-4는 발열창 시스템 및 일반 복층유리의 실내측 유리 평균표면 온도와 실내 MRT를 비교한 것이다. 실험에 이용한 발열창 시스템과 복층유리 및 실험조건은 앞의 표면온도 검토에서와 동일하며 사람이 의자에 앉아 있는 상태로 가정하여 바닥으로부터 110cm 높이에서 PMV-Meter를 이용하여 MRT를 계측하였다. 또, 본 실험에 이용한 PMV-Meter는 Sensor를 기준으로 상하 또는 좌우로 나누어 MRT를 계측할 수 있으며 실험에서는 유리창 측과 실내 측으로 나누어 MRT를 측정하였다.

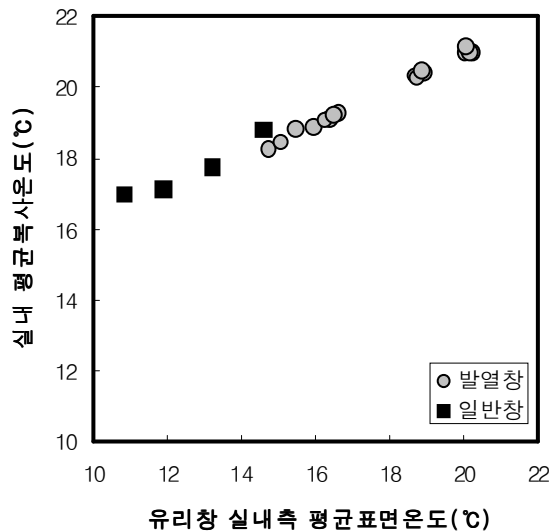


그림3-4 실내측 유리표면온도와 실내 MRT의 관계

MRT는 벽면, 바닥면, 천장면과 같은 실내 각 표면의 면적가중온도로 그림과 같이 실내측 유리의 평균표면온도가 높아질수록 실내의 MRT도 높아지는 경향을 나타낸다. 즉, 유리의 실내측 표면온도가 낮은 일반 복층유리에 비해 유리의 실내측 표면온도가 높은 발열창 시스템의 MRT가 높음을 알 수 있다.

또, 그림3-5는 유리의 실내측 평균표면온도와 창측 MRT를 비교한 것으로 그림3-4와 같이 유리의 실내측 평균표면온도가 높을수록 창측 MRT도 높아지고 있다.

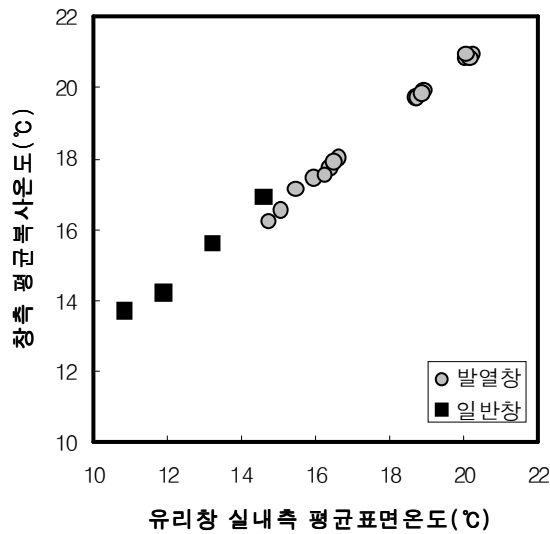


그림3-5 실내측 유리표면온도와 창측 MRT의 관계

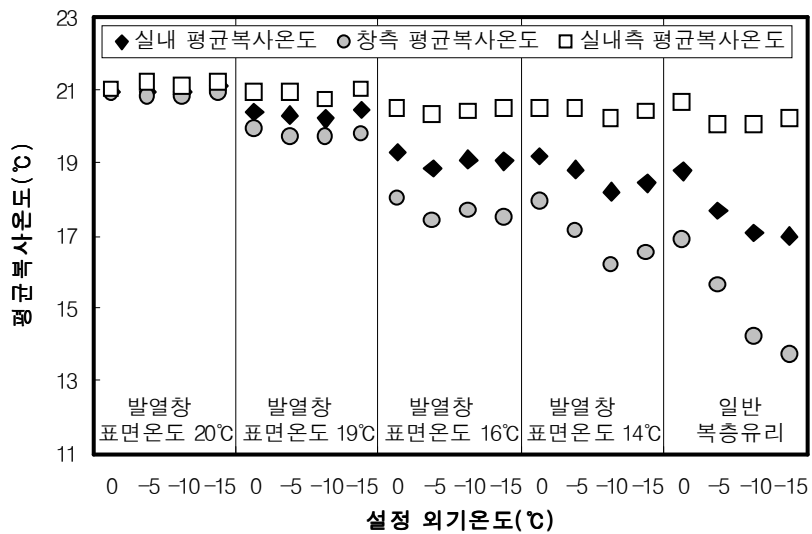


그림3-6 MRT의 비교

한편, 그림3-6은 창측 및 실내측 MRT와 실내 MRT를 비교한 것이다. 실온을 20℃로 유지하고 있기 때문에 유리의 실내측 표면을 제외한 실내 표면은 실온과 거의 같은 온도였을 것으로 추정되며 유리의 실내측 표면온도의 영향이 제외된 실내측 MRT도 발열창 시스템과 일반 복층유리에서 큰 차이가 없이 20~21℃를 나타내고 있다.

또한 실내의 MRT는 실내측 유리표면온도의 영향을 받는 창측 MRT와 영향을 받지 않는 실내측 MRT의 중간 정도의 값임을 알 수 있다.

즉, 일반 복층유리를 적용할 경우 낮은 실내측 유리표면온도에 의해 창측 MRT가 낮아 냉복사 현상이 발생하고 있지만 발열창 시스템을 창측의 MRT를 높게 유지할 수 있기 때문에 냉복사 현상을 방지할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 발열창 시스템을 적용함으로써 실내의 MRT를 높게 유지할 수 있어 복사환경의 쾌적성을 높일 수 있음을 알 수 있다.

3.3 Cold Draft 현상에 대한 검토

외기와 면한 창 주변에서 발생하는 Cold Draft 현상과 발열창 시스템의 Cold Draft 방지효과를 검토하기 위해 범용 기류 해석 S/W인 AirPak을 이용하여 Simulation을 실시하였다.

3.3.1 Office에 발열창 시스템을 적용한 경우

Office에 발열창 시스템을 적용할 경우의 효과를 검토하기 위해 그림3-7에 나타내는 해석 Model과 표3-1의 조건으로 Simulation을 실시하였다. 그림3-7에 나타낸 것은 일반 복층유리를 사용한 경우로 일반적인 경우와 같이 창 하부에 FCU를 설치한 것으로 가정하였으며 발열창 시스템을 적용할 경우는 외벽 전면 을 발열창 시스템으로 한 경우(이하 발열창 a)와 FCU만을 제거하고 일반 복층 유리 와 동일한 크기의 발열창 시스템을 적용한 경우(이하 발열창 b)로 나누어 계산하였다.

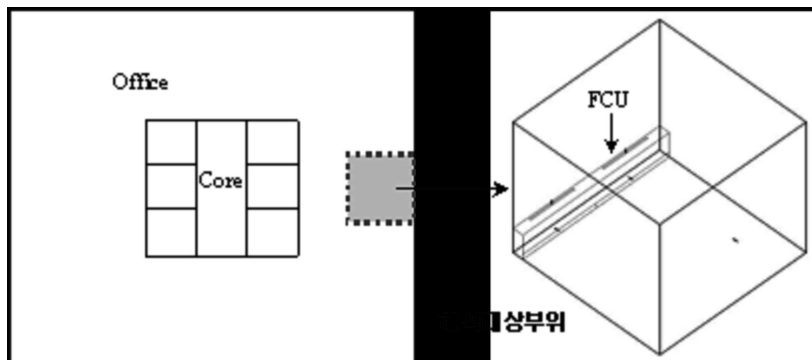


그림3-7 기류 해석 Simulation을 위한 해석 Model의 개요(Office)

그림3-8은 Simulation 결과 중 수직온도분포를 비교한 것으로 크기의 발열창 시스템을 적용한 경우(이하 발열창b)로 나누어 계산하였다. 세 Case 모두 천장 부근의 기온이 높게 나타나고 있지만 창 부근의 온도는 발열창 시스템을 적용한 경우에 비해 일반 복층창의 온도가 낮게 나타나고 있다. 특이할 것은 발열창b의 경우 창 하부의 벽 부근에 온도가 상대적으로 낮은 부위가 보인다.

이에 바닥으로부터 20cm 높이의 수평면 온도분포를 비교한 것이 그림3-9이다.

표3-1 기류 해석 Simulation을 위한 해석조건(Office)

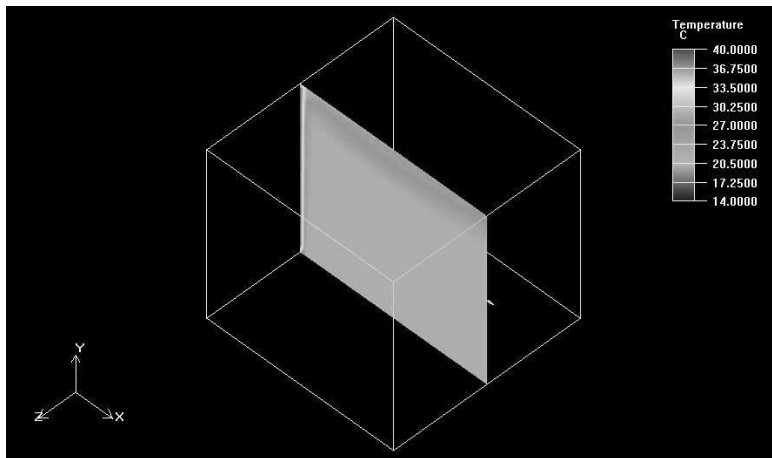
| 구 분 | 발열창 시스템 | 일반복층창(Low-E) |
|----------|----------------------------|-------------------|
| 실 폭 | 3.0M | |
| 실 깊이 | 3.0M | |
| 천정고 | 2.7M | |
| 실내외 온도조건 | 동절기(외기 -11.3℃, 실내 22.0℃) | |
| 난방조건 | 발열창 시스템 | FCU(△t=10.400CMH) |
| 발열창 시스템 | 40℃ 균일발열 | Low-E 복층유리 |
| 기타(외벽) | AL. Curtain Wall(0.45W/㎡K) | |

그림에 나타난 것과 같이 발열창a와 일반 복층창의 경우는 수평온도분포가 균일하지만 발열창b의 경우는 상대적으로 온도가 낮은 곳이 창 부근에서부터 실내측으로 확장되고 있는 모습을 볼 수 있다.

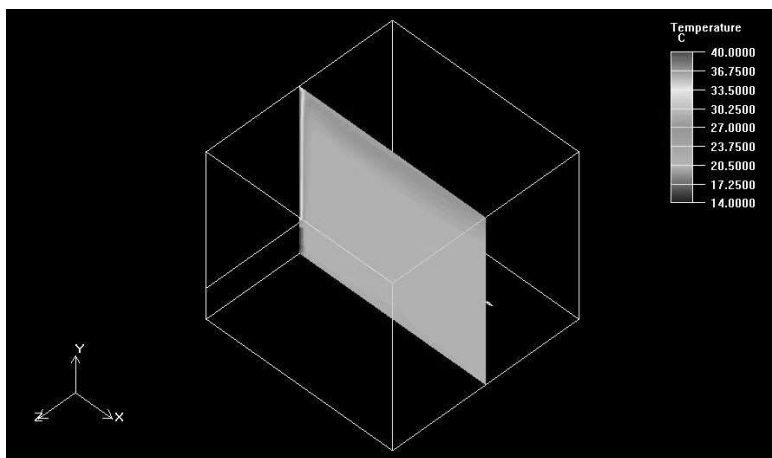
이를 수직 기류형상으로 나타낸 것이 그림3-10으로 발열창a의 경우는 발열창 시스템의 실내측 유리표면온도를 조금 높게 설정하였기 때문에 창 부근에 상향기류가 형성되고 있다. 또한 일반 복층창의 경우는 Cold Draft 현상을 방지하기 위해 창 하부에 설치된 FCU로부터 위쪽으로 토출되는 기류에 의한 상향기류와 천장에서 토출되는 하향 기류의 2개 기류가 창 부근에 형성되고 있다. 이에 비해 발열창b의 경우는 발열창 부위에서는 상향기류가 형성되고 있지만 창 하부의 벽 부근에서 하향기류가 형성되어 실내측으로 이동하는 Cold Draft현상이 발생하고 있음을 알 수 있다.

따라서, 일반 복층창을 적용한 경우는 창 하부에 FCU를 설치하여 가동할 경우 Cold Draft현상을 방지할 수 있지만 창의 실내측 유리표면온도를 높이지 못하기 때문에 냉복사 현상을 방지할 수 없을 것으로 판단된다. 또, 발열창 시스템을 적용할 경우 외벽 전면을 발열창 시스템으로 하지 않을 경우 창 하부의 벽 부근에 Cold Draft현상이 발생할 수 있기 때문에 외벽 전면을 발열창 시스템으로 하는 것이 유

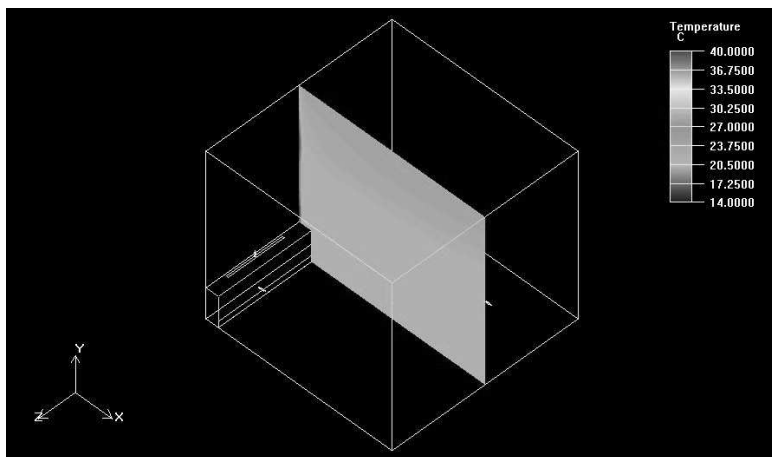
리하다.



발열창 a



발열창 b



일반
복층창

그림3-8 수직온도분포 비교(Office)

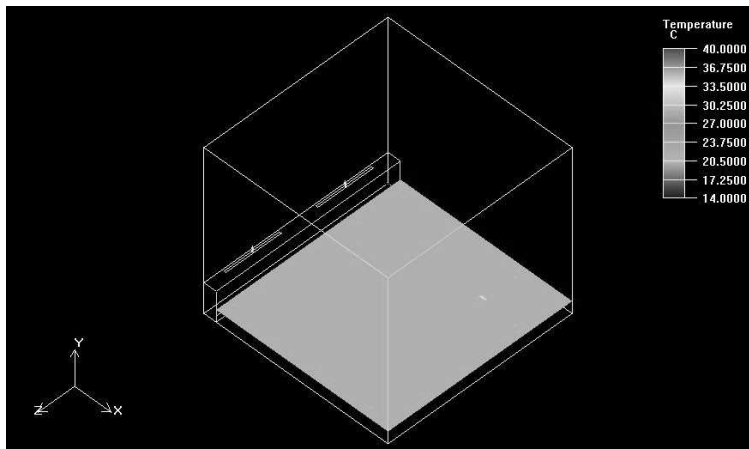
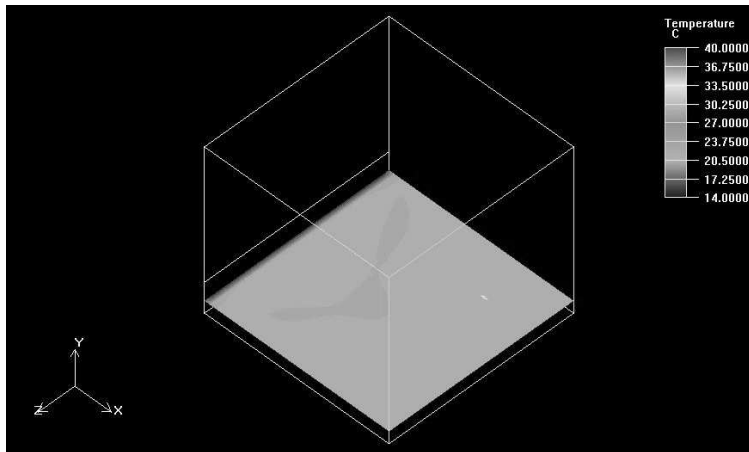
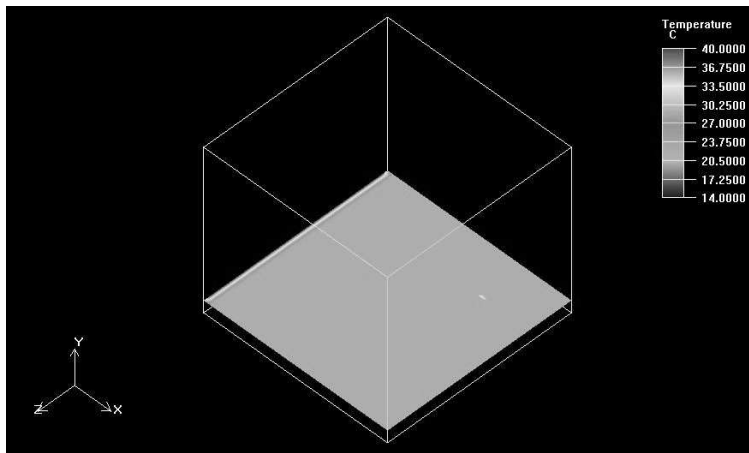


그림3-9 바닥으로부터 20cm 높이의 수평면 온도분포 비교(Office)

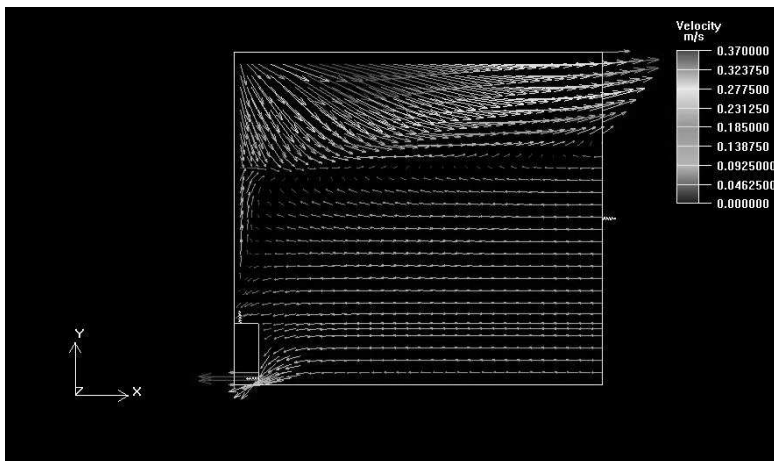
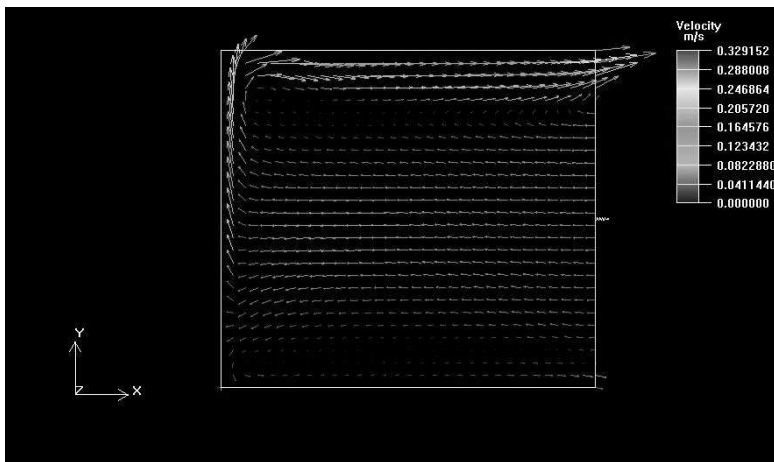
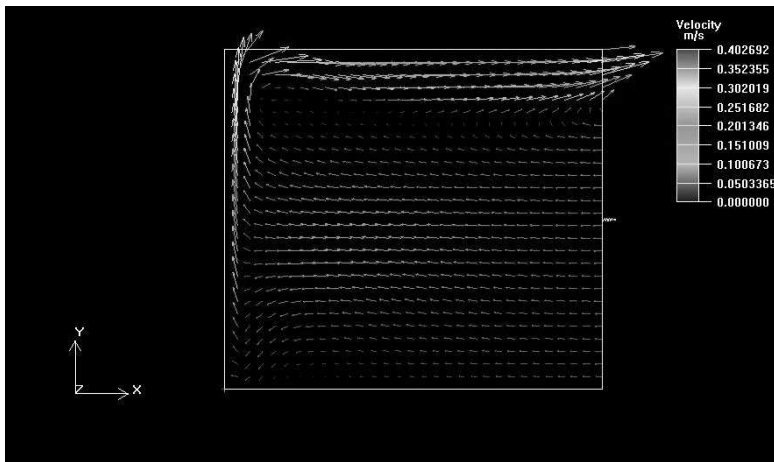


그림3-10 수직 기류형상 비교(Office)

3.3.2 아파트 거실에 발열창 시스템을 적용할 경우

아파트의 경우는 그림3-11에 나타난 아파트의 평면에서 거실 앞의 Balcony를 확장하고 그곳의 창에 발열창을 적용하는 것으로 가정하였으며 거실과 확장한 Balcony 부분에 대해 기류의 해석을 실시하였다. 기류해석의 조건은 표3-2와 같다.

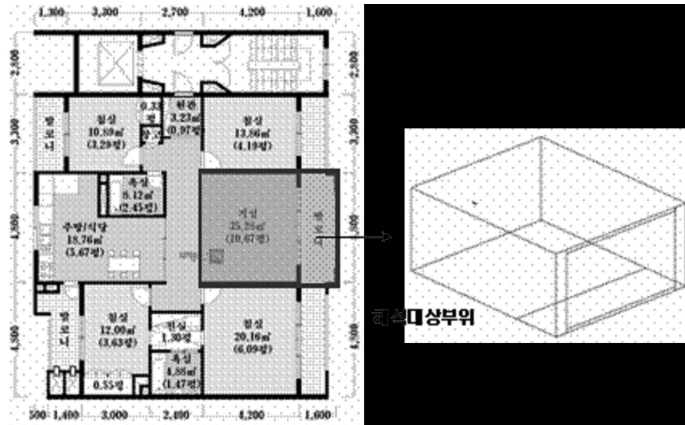


그림3-11 기류 해석 Simulation을 위한 해석Model모델의 개요(아파트)

표3-2 기류 해석 Simulation을 위한 해석조건(아파트)

| 구 분 | 발열창 시스템 | 일반 복층창(Low-E) |
|----------|--|---------------|
| 실 폭 | 4.8M | |
| 실 깊이 | 4.2M+1.6M(확장 Balcony) | |
| 천정고 | 2.3M | |
| 실내외 온도조건 | 동절기(외기 -11.3°C , 실내 22.0°C) | |
| 난방조건 | 바닥난방(바닥온도: 37.0°C , Balcony 난방 무) | |
| 발열창 시스템 | 40℃ 균일발열 | Low-E 복층유리 |
| 기타(외벽) | 콘크리트 150mm + 발포 스티로폼 10mm($1.913\text{W/m}^2\text{K}$) | |

그림3-12는 대상영역의 수직 온도분포를 비교한 것으로 발열창 시스템을 적용

한 경우는 온돌인 거실바닥과 창, 천장 부근의 온도가 높은 부분을 제외하면 거의 균일한 온도분포를 나타내고 있다. 이에 비해 일반 복층유리를 적용한 경우는 창 부근과 창쪽 거실 하부에 온도가 낮은 부분이 형성되고 있어 Cold Draft현상이 발생하고 있는 것으로 생각된다.

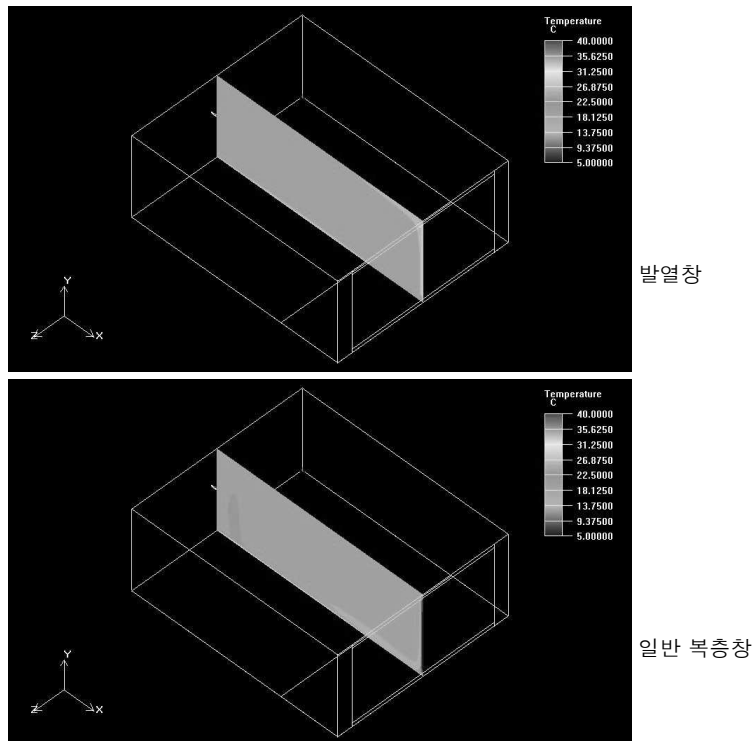


그림3-12 수직온도분포 비교(아파트)

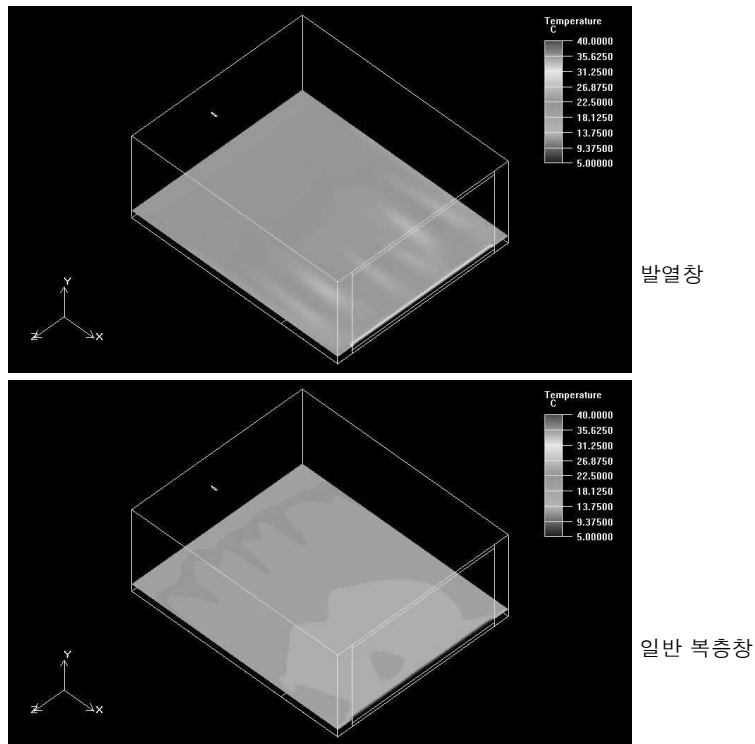


그림3-13 바닥으로부터 20cm 높이의 수평면 온도분포 비교(아파트)

이를 확인하기 위해 바닥으로부터 20cm 높이의 수평면 온도분포와 수직 기류형상을 검토한 것이 그림3-13, 그림3-14이다.

발열창 시스템을 적용한 경우 바닥으로부터 20cm 높이의 수평면 온도분포는 상대적으로 온도가 높은 부분이 조금 있지만 전반적으로 균일한 온도분포를 나타내고 있다고 할 수 있다. 그러나, 일반 복층창을 적용한 경우에는 창 부근의 온도가 낮을 뿐만 아니라 넓은 저온역이 창 부근에서 거실 중앙쪽으로 확장되어 있다. 한편, 수직 기류형상을 보면 발열창을 적용한 경우는 창 부근에서 상향기류가 형성되고 있지만 일반 복층창의 경우는 창 부근에 강한 하향기류가 형성되고 있으며 바닥 부근에서 거실 중앙쪽으로 강하게 유입되고 있다.

즉, 확장 Balcony형 아파트의 경우 일반 복층창(Low-E)을 적용할 경우 Cold Draft현상이 발생하지만 발열창 시스템을 적용함으로써 Cold Draft현상을 방지

하여 쾌적성을 높일 수 있다고 하겠다.

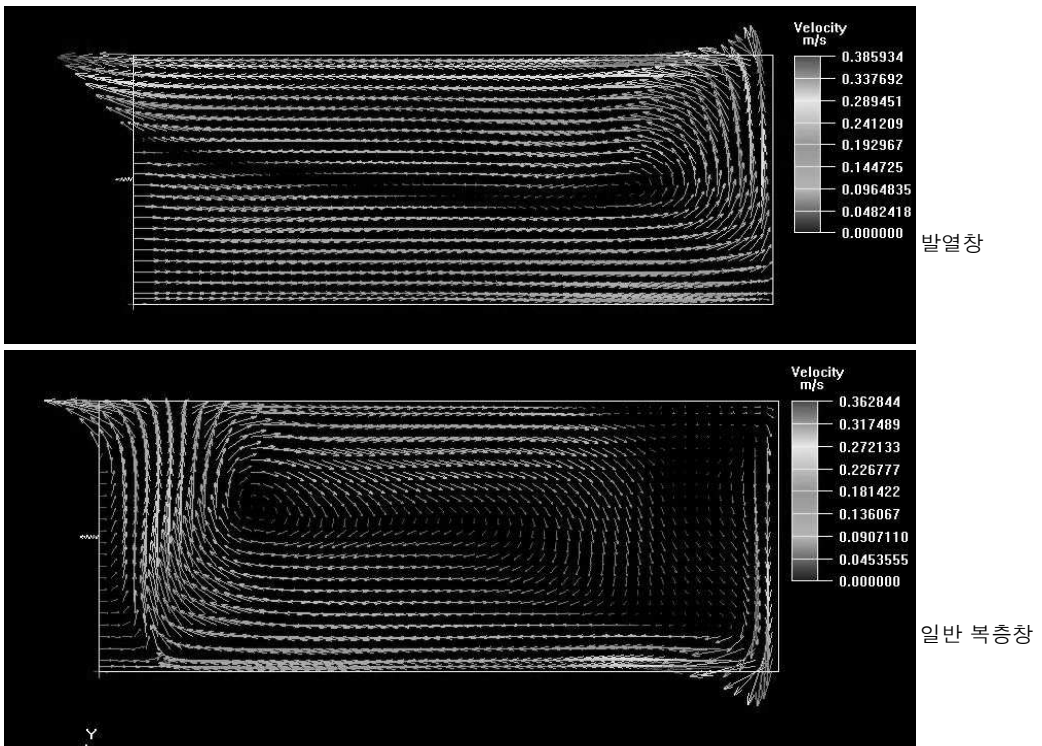


그림3-14 수직 기류형상 비교(아파트)

3.4 실내 쾌적성에 대한 검토

실내의 쾌적성을 검토하기 위해 예상 평균 온열감(PMV ; Predicted Mean Vote)을 비교하였다. 그림3-15는 실내평균복사온도와 PMV의 관계를 나타낸 것으로 실내 평균복사온도가 높을수록 PMV는 높아지는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또 일반 복층유리의 경우는 설정 외기온에 따라 실내 평균복사온도가 큰 폭으로 변화하며 이에 따라 PMV의 변화도 크지만 발열창 시스템은 외기온에 관계없이 실내 평균복사온도의 변화와 PMV의 변화도 거의 없다.

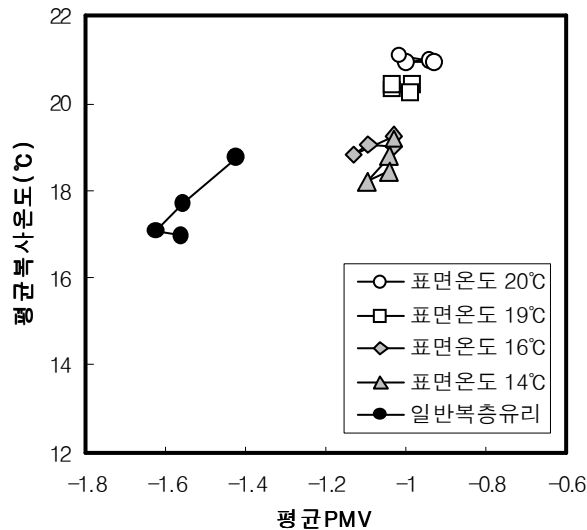


그림3-15 실내 평균복사온도와 PMV 의 관계

그림3-16은 유리의 실내측 평균표면온도와 PMV의 관계를 나타낸 것이다. 3절에서 검토한 것과 같이 MRT는 벽면, 바닥면, 천장면과 같은 실내 각 표면의 면적가중온도이며 실측실험에 있어서 실내의 기온이 20℃로 유지되고 있기 때문에 유리의 실내측 표면을 제외한 다른 실내 표면은 발열창 시스템의 경우와 일반 복층유리의 경우에 차이가 없으므로 실내 평균복사온도는 유리의 실내측 표면온도에 영향을 받게 된다. 따라서 유리의 실내측 표면온도와 PMV의 관계도 실내 MRT와

PMV의 관계와 같이 유리의 실내측 표면온도가 높을수록 PMV도 높아지고 있다.

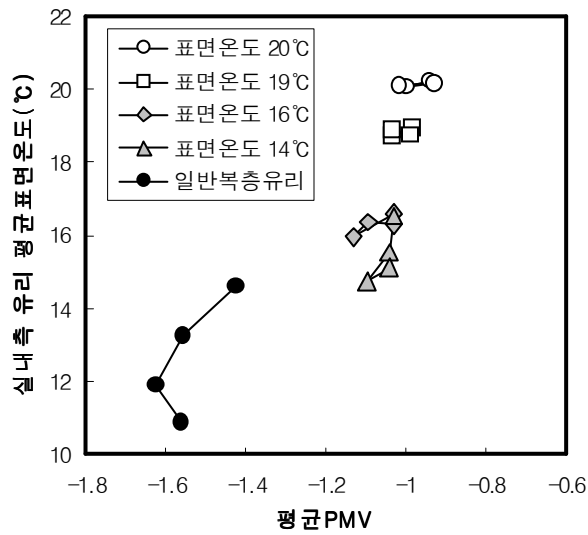


그림3-16 유리의 실내측 평균표면온도와 PMV 의 관계

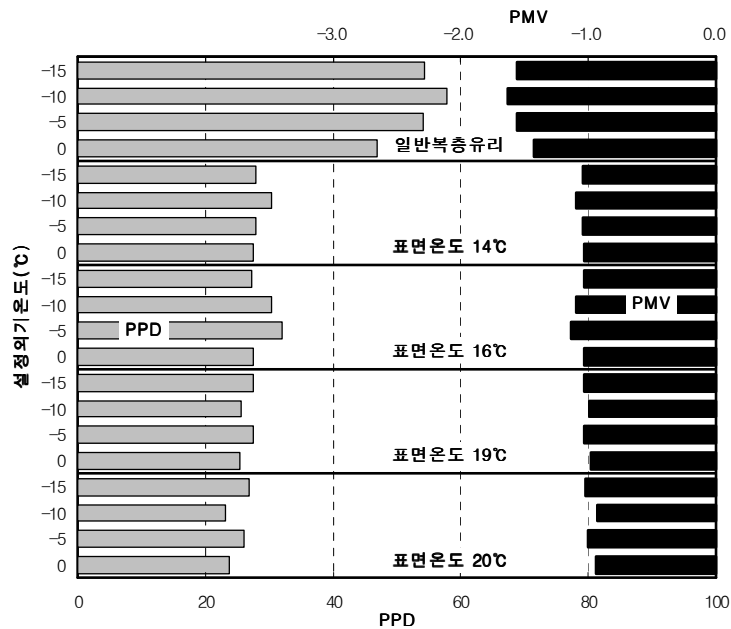


그림3-17 측정 조건별 PMV 및 PPD의 비교

그림3-17에 각 실험조건별로 PMV의 측정결과와 이를 바탕으로 계산한 예상 불만족도(PPD; Predicted Percentage of Dissatisfied)를 나타내었다. 유리의 표면온도가 일정하게 유지되는 발열창 시스템의 경우 PMV는 -1.0 전후의 값을 나타내며 PPD는 24~30% 정도이다. 한편, 일반 복층유리는 발열창 시스템에 비해 PMV가 0.5정도 낮은 -1.5 전후의 값을 나타내고 있으며 PPD는 2배가 많은 47~56% 정도의 값을 나타낸다.

즉, 발열창 시스템은 외기온과 관계없이 실내측 유리 표면온도를 실내 기온에 가깝게 유지할 수 있기 때문에 일반 복층유리에 비해 상대적으로 높은 실내측 유리 표면온도를 유지할 수 있으며 이에 의해 평균복사온도를 높게 유지할 수 있으므로 실내의 온열환경이 개선되고 쾌적성도 향상된다고 하겠다.

VI. 건축 계획적 측면에서의 발열창 시스템

적용 가능성 분석

4.1 건물 외관계획

4.1.1 현대적인 감각과 상징성 확보

석조 혹은 금속재의 솔리드(solid)한 이미지를 가지는 건물의 경우에는 유리가 차지하는 면적이 비교적 작다. 그러나 그 창호의 위치는 내부의 구조적인 문제와 설비적인 요소에 의해 결정된다. 따라서 입면상 자유로운 형상을 취하는 현대적인 감각의 건물을 계획하고자 할 경우, 창호의 위치에 제약을 받는 것은 매우 불리한 조건이 된다. 그러나 발열창 시스템을 사용할 경우, 입면상 자유롭게 설치하더라도 외벽 창호를 따라 설치되는 FCU가 없으므로 현대적인 감각과 상징성을 확보할 수 있다.

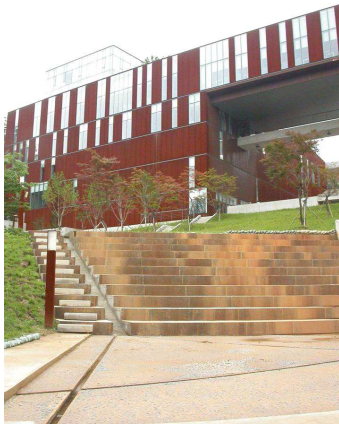


그림4-1 금속재와 석재로 구성된 외벽의 자유로운 창호 디자인



그림4-2 자유로운 외벽창호 디자인이 두드러진 야경

4.1.2 순수 이미지와 시각적 투명성 확보

외벽의 전체가 유리로 구성되는 Curtain Wall System으로 구성된 건물은 순수한 상징적인 이미지와 시각적 투명성으로 인한 개방감이 가장 큰 매력이자 장점이다. 그러나 이러한 시스템을 적용하는 것은 건물 내부의 각종 설비와 가구가 노출되기 때문에 비교적 고가의 비용이 수반된다. 그러나 현실적으로 대부분의 건물은 FCU를 사용하기 마련이어서 이러한 이미지 연출에는 많은 비용이 드는 것이 현실이다. 발열창 시스템을 사용할 경우, FCU를 사용하지 않으므로, 외관상 각 층의 Spandrel 부분을 제외한 모든 부분이 전면 개방될 수 있다. 결국 Curtain Wall System을 계획하는데 아무런 장애를 주지 않는 것이다. 그 결과 얻게 되는 시각적 투명성과 순수한 이미지는 보다 세련된 감각을 완성한다.



그림4-3 Curtain Wall로 구성된 디자인이 돋보이는 건물

4.1.3 리노베이션(Renovation)과 리모델링(Remodeling)

오늘날 전국의 많은 건물들이 그 건립되었던 시점으로 인해 재건축과 재개발의 대상이 되고 있다. 이 때 건물의 노후상태와 구조적인 안전도가 주요 지침이 되겠지만, 대부분의 경우 공간적인 문제와 설비적인 요소가 장애가 된다. 특히 건립 당시부터 FCU를 사용하고 있는 기존의 건물을 고려한다면 건물의 재활용에 있어 문제가 직접 드러난다. 즉, 기존의 FCU를 계속 사용하기에도 적절치 않고, 새로이 천장 매입형 공조시스템을 설치하기가 어려운 경우가 많다. 이러한 경우 발열창 시스템은 기존의 FCU를 철거하고 그에 수반되는 각종의 배관을 사용하지 않으면서도 그 기능을 대체하기 때문에 건물의 외벽과 관련된 것들에 영향을 미치지 않는다. 다시 말해서 처음부터 계획했던 것과 같이 솔리드하거나 커튼월을 사용하는 건물의 외관을 가능하게 해 준다. 오래된 건물의 외피를 자유롭게 현대적인 감각으로 계획할 수 있는 것은 비단 노후화된 건물뿐만이 아니라 역사적인 상징성과 의미를 가진 건물에도 적용할 수 있는 중요한 장점이 된다.

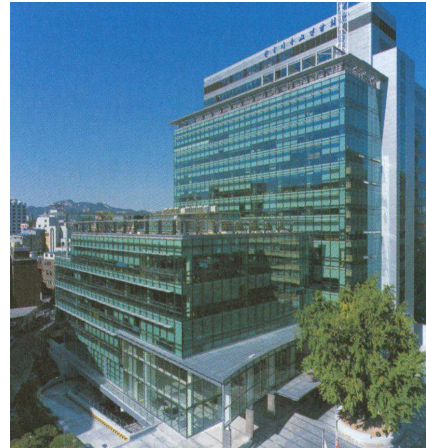


그림4-4 노후건물의 리모델링 전 / 리모델링 후



그림4-5 역사적인 건물의 부분 증축

4.2 평면 및 내부공간계획

4.2.1 실제 사용면적의 증가

발열창 시스템을 사용할 경우 실내공간의 실제 사용면적은 FCU가 설치된 경우와 큰 차이가 난다. 이것은 곧 건물 내부공간의 활용도의 차이를 의미하는 것으로서, 궁극적으로는 임대면적에 있어서도 영향을 미치게 된다. 물론 일반적인 임대면적은 건물의 외벽을 기준으로 하게 되지만, 실제 사용면적에 따라 임대조건은 달라지게 되므로 실제적인 면적상 차이가 나게 된다. 특히 소규모로 분할하여 임대할 경우, 매장의 전시공간, 이용객들의 대기석 등은 아주 작은 면적에도 배치가 불가능한 경우가 많다. 더구나 발열창 시스템을 사용할 경우 건물의 외벽 쪽 실내공간은 그 쾌적성에 있어서 FCU를 사용할 경우보다 월등하다는 점을 감안한다면, 실제적인 내부공간의 활용도는 더욱 차이가 크다고 할 수 있다.



그림4-6 FCU가 있는 경우/ FCU가 없는 경우

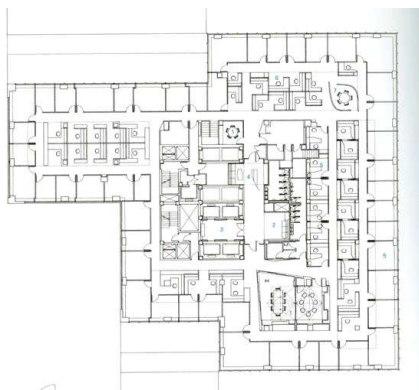


그림4-7 FCU를 이용한 개별공간은 가구배치에 제약을 받는다.

4.2.2 자유로운 공간구획 및 동선계획

발열창을 사용하는 경우, 실내공간의 동선계획을 할 경우에도 많은 장점을 가진다. 왜냐하면 FCU를 조작, 수리, 점검 등을 해야 하는 점을 고려할 필요가 없기 때문이다. 현대적인 감각에서는 창가에 배치된 자리가 조망이나 일사 그리고 내부공간의 동선상 유리하다. 내부공간에 어떤 위계를 줄 경우, 외벽에 가까운 쪽이 상위에 있는 것도 그러한 이유에서이다. 따라서 내부공간 활용상 가구배치와 실 배치 그리고 동선계획에 있어 제약을 주는 것은 현대적인 맥락에서 볼 경우, 매우 불합리한 조건이다. 특히 일정한 가구와 설비가 필요한 유형의 다양한 업종에 임대할 경우나, 일반적인 사무실에서 부서의 재배치 등이 빈번한 경우 이러한 제약은 매우 치명적이다.

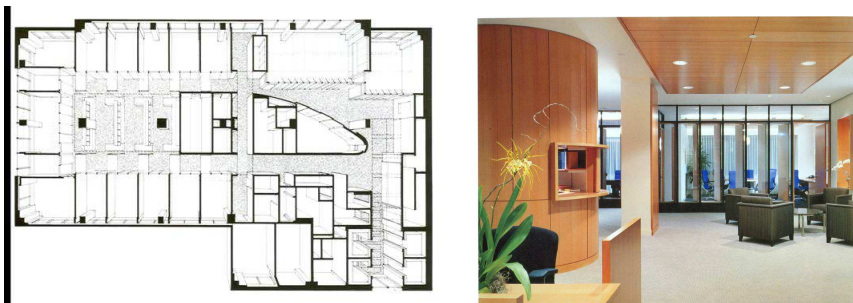


그림4-8 FCU로 인해 변경이 어려운 배치

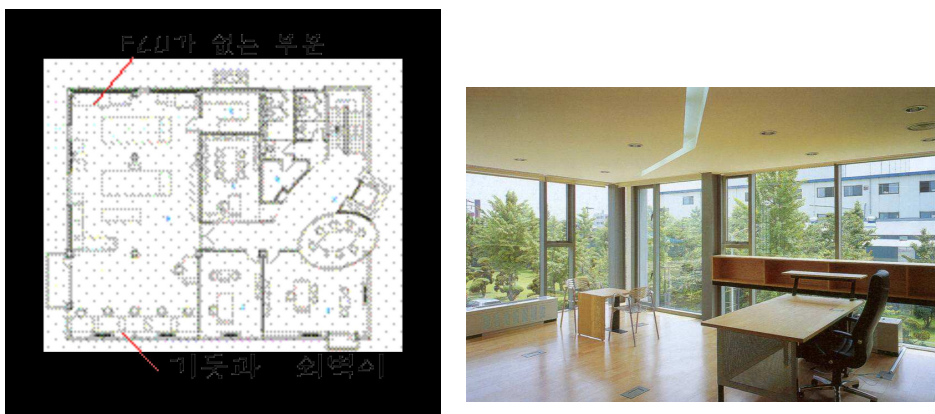


그림4-9 FCU가 없는 부분의 개방적 가구배치의 예

4.2.3 오피스 랜드스케이프(Office Landscape)

발열창 시스템에서는 내부공간에 있어서 Perimeter Zone과 Interior Zone의 구별이 없으므로 내부공간을 계획할 경우 사람과 가구를 구별, 사용자들 상호간의 배치, 구획에 따른 면적 분할 등의 제약이 없다. 특히 난방의 경우뿐 아니라, 냉방 부하의 경우에도 기본적으로 LOW-E 유리를 사용하기 때문에 오피스 랜드스케이프를 계획할 경우에도 자유롭게 조성할 수 있다. 사무실의 공간적 환경을 조성하는 것은 곧 건물의 성능과 품질을 조성하는 것이므로 발열창 시스템은 매우 큰 장점을 지닌다고 할 수 있다.

4.2.4 자유로운 평면형태

과거에는 외벽의 형상이 불규칙하거나 곡선형태로 계획할 경우, 그 건물의 외벽을 따라 실내 창측에 FCU를 설치해야 하므로 건축 계획상 불합리한 공간이 발생되고, 시공상 어려움이 따르게 된다. 뿐만 아니라 실내 창측 천정에 Line Diffuser 등을 설치해야 하므로 외벽계획에 기술적, 비용 발생적 측면에서 많은 제약이 있다. 그러나 발열창 시스템에서는 형태에 관계없이 공간을 활용할 수 있으므로 이러한 구속을 받지 않는다.

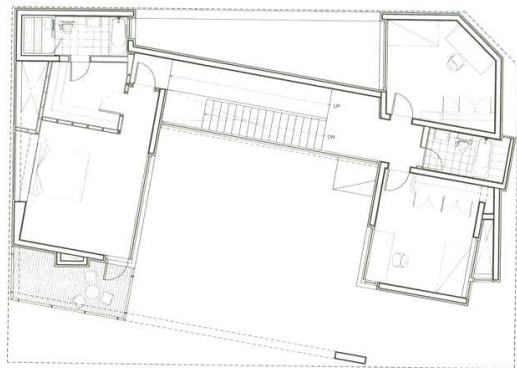
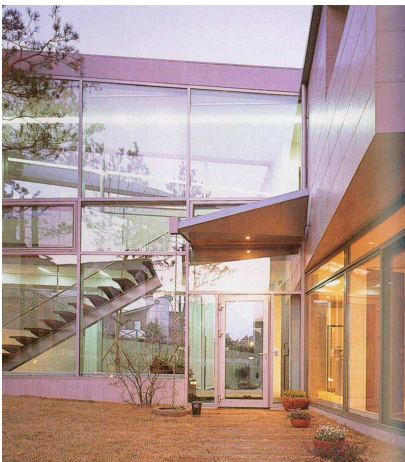


그림4-10 불규칙한 형태의 공간을 자유로이 사용한 예

4.3 시설 유형별 공간계획

4.3.1 주거시설(단독주택/집합주택)

연간 기온차 및 일교차가 적고 건조한 기후의 지방에서는 주택에도 자유롭게 유리를 사용할 수 있다. 그러나 우리나라는 사계절이 뚜렷하고 온도차가 큰 편이라 주택의 냉난방 부하를 감안한다면, 외벽에 유리를 사용하는 것은 제약이 많다. 특히 외벽의 단열성을 높이면 결로의 우려가 있고, 단열성이 낮으면 쾌적성이 떨어지게 되는 모순이 있다. 그러나 발열창 시스템은 결로 및 단열에 관한 문제가 원천적으로 없으므로 열손실이 큰 지역에서도 넓은 창을 자유로이 디자인할 수 있다.



그림4-11 공동주택의 중정 유리창



그림4-12 단독주택의 거실창

4.3.2 업무시설(사무실/은행)

일반적으로 은행이나 자동차 판매영업장과 같이 고객을 상대로 하는 시설의 경우 1층에 입점하게 되는 경우가 많다. 이 때, 고객들은 홀과 같은 높은 층고의 공간에 머무르게 되는데, 실내·외의 외관을 고려하면 깨끗한 외벽으로 처리하는 것이 유리하지만, 큰 공간으로 인해 큰 부하의 냉난방 문제를 해결하기 위해서는 보조적인 설비가 절대적으로 필요하게 된다. 더구나 은행의 영업장이나 고객을 위한 상품 전시장 부분에 설치된 FCU는 고객의 공간을 압박하게 된다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 공조기를 바닥에 매입하거나, 천정에 매다는 등 다양한 방법을 사용한다. 그러나 발열창 시스템은 이러한 공간적인 면과 설비적인 면을 동시에 해결할 수 있기 때문에 효율적인 공간 활용이 가능하고, 현대적인 감각의 세련된 공간연출이 가능하도록 해준다.

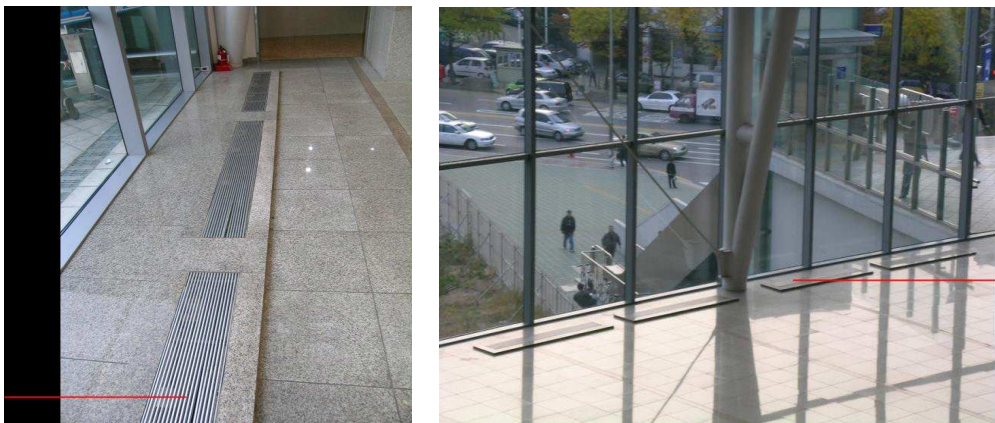


그림4-13 대공간의 바닥 매입형 공조방식(서울역 대합실)

4.3.3 의료시설(병원/요양원)

항상 일정한 습도를 유지해야 하는 환자 병실에는 가습을 해야 하므로 겨울철 외벽은 늘 결로가 발생하기 마련이다. 뿐만 아니라 여러 명이 사용하는 병원의 병실에는 그 병실의 환자가 공통으로 사용하는 냉장고, TV, 가습기 등이 배치되는 것이 일반적이다. 이 때 사용하는 가전제품들은 특별히 마련된 공간이 없기 때문에 주로 창가 쪽 FCU의 주변에 배치하게 된다. 그 결과 병실의 창가는 늘 시각적으로

복잡하고 공동으로 사용하기에 불편하다. 그러나 발열창 시스템을 사용하면 FCU가 필요 없으므로, 그만큼의 공간이 수납공간으로 확보할 수 있고, 병실의 환경을 쾌적하게 만들면서 환자들의 시각적인 안정감을 제공할 수 있는 침상 배치가 가능하게 된다. 또한 공조 방식에 의한 풍량이 상대적으로 적기 때문에 분진에 의한 불쾌감 요소가 적으므로 쾌적성이 높아 용도에 따른 계획의 제약 없이 자유로이 공간설계를 할 수 있다.



그림4-14 병실의 복잡한 외벽창



그림4-15 시각적으로 복잡하고 폐쇄적인 일반 병실의 예

4.3.4 체육시설(실내수영장/사우나)

실내수영장이나 사우나 등과 같이 다습한 환경이 지속되는 시설의 창호는 늘 결로가 발생한다. 지금까지는 이러한 결로는 의례히 당연한 것으로 받아들여졌지만, 현대적인 감각에서는 결로를 반가워하지 않는다. 사우나, 수영장에서도 시각적인 개방감은 물론 청결한 이미지를 줄 수 있기 때문에, 사용자의 현대적인 요구나 영업주의 영업상 이점의 측면 모두에서 매우 중요한 요소가 된다. 이러한 맥락에서 발열창은 외벽 창호 뿐 아니라 상부의 천장에도 설치 가능하므로 실내 공간의 모든 면을 결로없이 맑은 상태를 유지할 수 있기 때문에 훌륭한 전망과 우아한 시설 이미지를 확보할 수 있다.



그림4-16 부분개방형 수영장 / 넓은 전망의 수영장 실내

4.4 특성별 공간계획

4.4.1 아트트리움

대규모의 사무실 건물은 기단부를 형성하는 저층부에 포디움(Podium)의 형식으로 아트트리움(Atrium)이나 아케이드(Arcade)를 조성하기 마련이다. Atrium과 같은 장 스팬 대규모의 내부공간에서 겨울철 난방을 적용할 경우, 대부분의 더운 공기가 상부로 집중되기 때문에 온도차에 의한 결로가 발생한다. 또한 식수된 조경에 물을 공급하면서 습도가 높아진다. 이로 인하여 기존 Atrium 을 계획할 경우에는 상부 유리면에 별도의 환기 시스템을 설치하고, 결로에 따른 대책을 수립해야 하는 것이 현실이다. 이러한 번거로움은 발열창 시스템을 천장면에 적용함으로써 소멸될 수 있다. 따라서 도심의 사무실들이 밀집된 공간에서 초록색의 친환경적인 Atrium 을 자유롭게 계획하고 유지할 수 있도록 해준다.



그림4-17 타워형 사무실의 저층형 Atrium

4.4.2 다습한 공간

주택의 욕실, 주방, 식당, 세탁실, 사무실의 탕비실, 카페의 주방 등은 물을 많이

사용하기 때문에, 항상 결로의 우려가 있기 마련이고, 그 결과 시각적 차폐감을 주게 된다. 지금까지는 주로 부속공간의 성격으로 간주되어 그다지 큰 문제로 삼지는 않았다. 그리고 유아방, 노인방, 환자실 등은 건강상의 이유로 가습을 하기 마련이다. 그러나 이 같은 다습공간은 결로로 인하여 공기가 오염되고, 오염된 공기는 인체에 유해한 작용을 유발하게 된다. 때문에 단순한 시각적인 문제로서가 아니라 현대사회가 요구하는 친환경 웰빙(well being)의 측면에서 볼 때, 발열창 시스템을 이용하여 결로를 근절하는 것은 이러한 공간에 매우 효과적인 시스템이다.

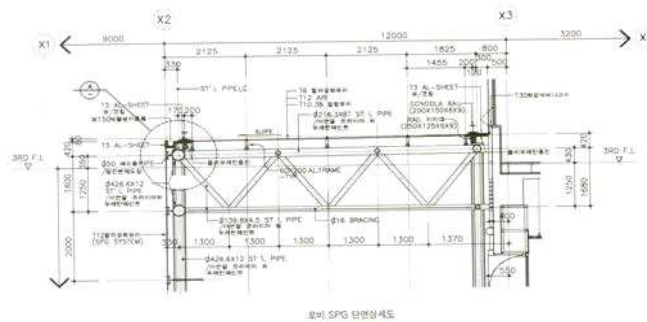


그림4-18 결로방지용 드레인을 설치한 Atrium 천장 상세

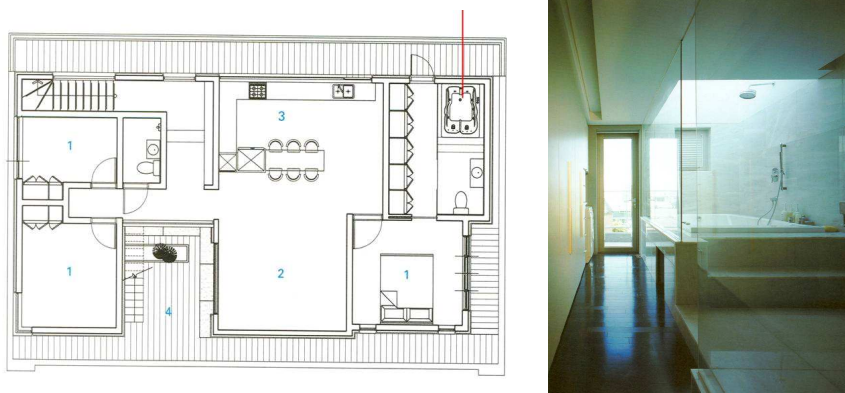


그림4-19 김서림 없이 사용할 수 있는 욕실 유리벽

4.4.3 건물의 내부 오픈

건물의 특성상 저층부 혹은 상층부에 상하층 내부를 부분적으로 층간 구조물을 개방할 경우가 많다. 이 경우 그 개구부 혹은 개방된 공간의 상부는 항상 결로의 우려가 있다. 이를 방지하기 위하여 일반적으로는 공조시스템을 강화하거나 집중적인 환기장치를 설치하고, 결로를 방지할 수 없을 경우 드레인(drain)을 설치하게 된다. 공간적인 다양함을 연출하는 공간계획은 많은 장점을 주지만, 건물을 계획하는 입장에서 결로를 처리하는 별도의 장치를 한다는 것은 일종의 제약을 주는 것이 된다. 그러나 결로의 우려가 있는 부위에 부분적으로 발열창 시스템을 사용한다면 이 경우 공기조화에 관한 문제를 의식할 필요가 없다.

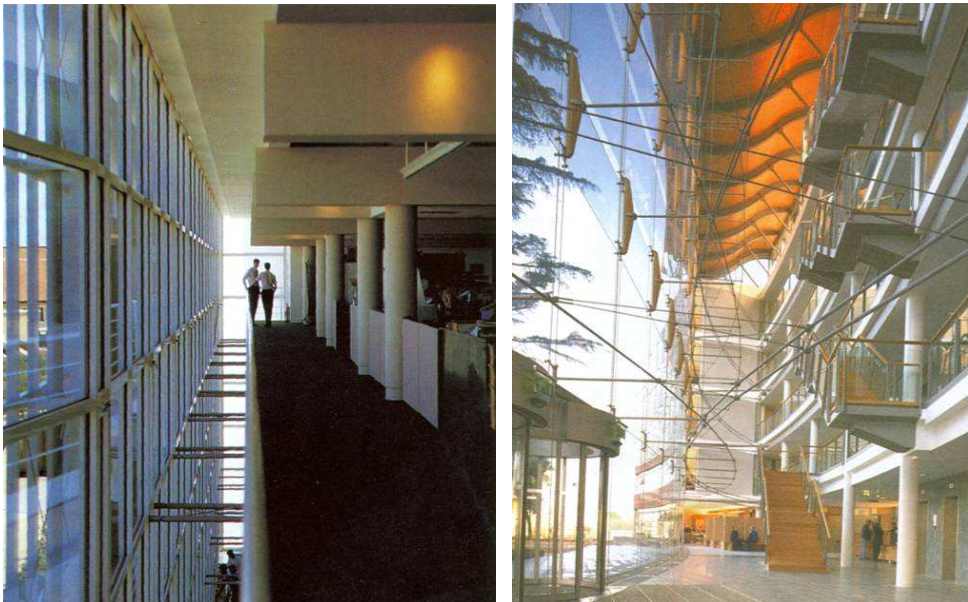


그림4-20 건물 내부에 층간 개방된 경우



그림4-21 층을 가로질러 상부로부터 빛을 유입하는 개방공간의 천정

4.4.4 가변 공간계획

전시장과 홀, 강당과 체육관, 일반사무실과 탕비실, 거실과 창고 등은 필요한 경우에 따라 가변적으로 사용되는 경우가 많다. 그러나 그 때마다 냉난방과 일사의 차폐 등이 가변적으로 계획되는 것이 현실적으로는 어렵다. 그러나 발열창 시스템을 사용할 경우, 용도에 따라 냉난방 부하의 조절은 물론 시설을 유지가 간편하다. 따라서 이러한 가변적인 용도 혹은 다목적 거실에 적용할 경우 그 기대효과는 매우 높다.

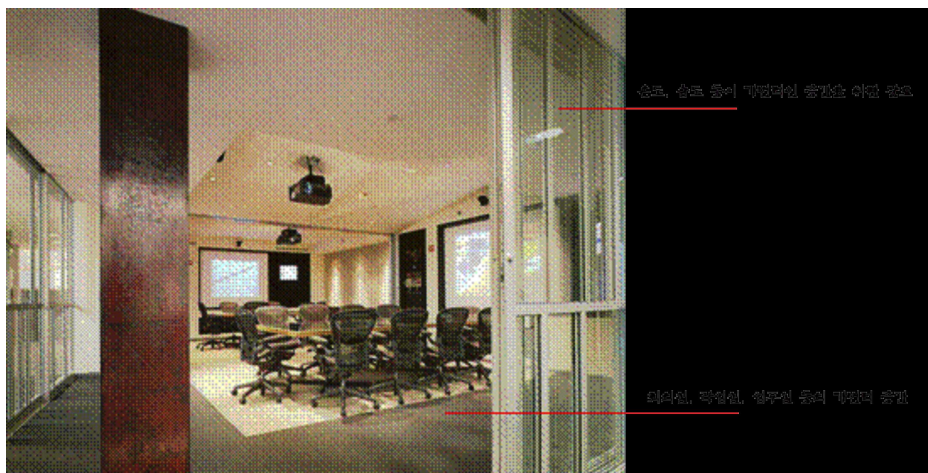


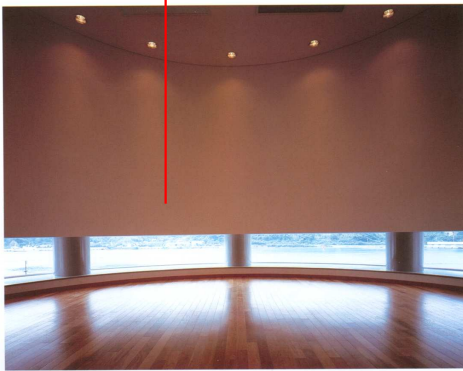
그림4-22 가변공간의 문짝, 창호에 적용 가능한 발열창 시스템

4.5 디자인 프로세스

4.5.1 평면계획

커튼월 시스템의 사무소나 비교적 규모가 있는 건물을 계획할 경우, FCU와 그에 수반되는 배관 등으로 인해 건물의 외벽은 기둥과 일정한 간격을 두던가 아니면 외벽의 바깥쪽으로 돌출이 되도록 해야 하는 제약이 있다. 그러나 발열창 시스템에서는 FCU는 물론 배관이 없으므로 기둥과 외벽의 관계를 자유롭게 설정할 수 있다.

기둥과 외벽이 이격됨



기둥과 외벽이 일치



그림4-23 기둥과 유리가 일치된 경우 / 이격된 경우

그림 4-22와 4-23은 각각FCU를 적용한 경우와 발열창을 적용한 경우를 비교한 것이다. 그림 4-22에서 보는 바와 같이 사무실의 각 실 배치와 가구의 활용성을 사전에 고려해야 하고, 실제적인 사용면적도 감소하게 됨을 알 수 있다. 디자인 과정에서는 초기부터 이러한 공간적 배치적 제약을 고려하여야 하므로 그에 따른 노력과 경비가 소요된다.

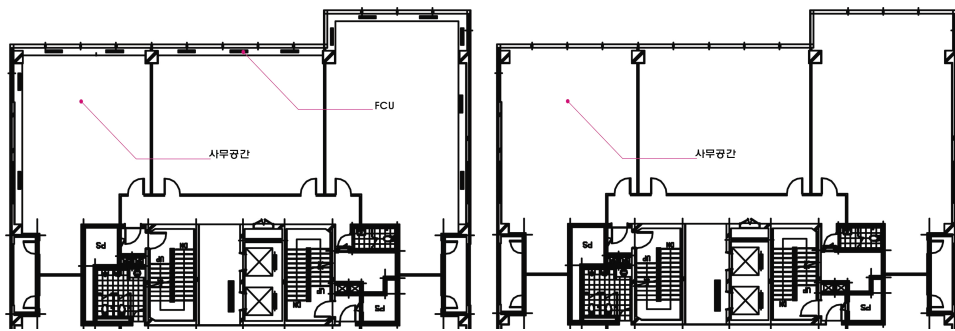


그림4-24 FCU를 적용한 평면 / 발열창을 적용한 평면

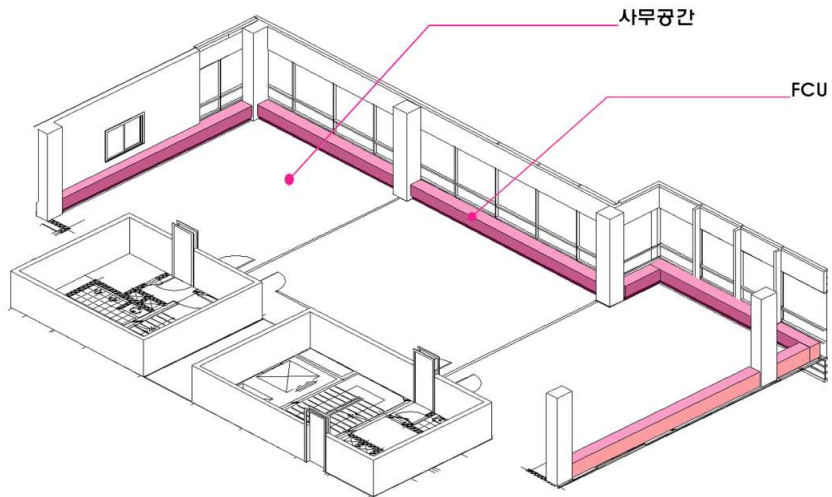


그림4-25 FCU가 적용된 경우

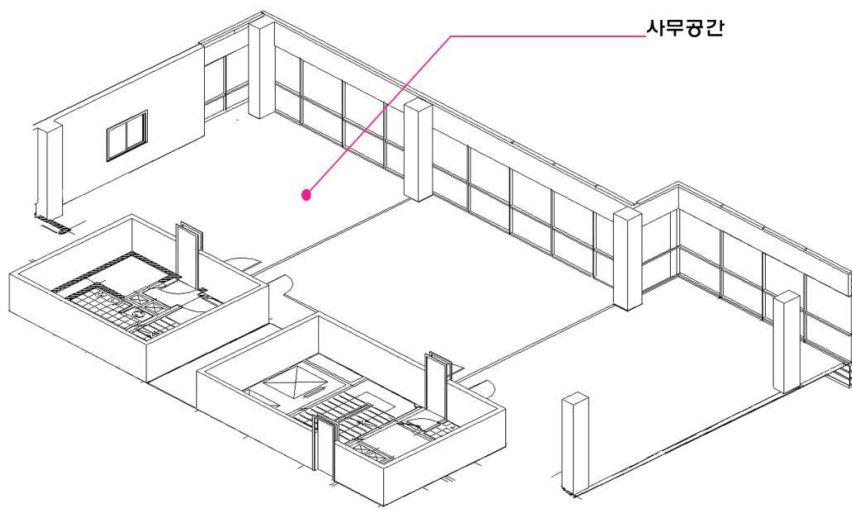


그림4-26 발열창 시스템이 적용된 경우

4.5.2 입면계획

일반적으로 기획설계 및 프로젝트의 초기단계의 계획 설계를 실행할 경우, 건축은 물론 기계, 전기, 구조 등의 각 분야를 동시에 검토해야만 한다. 그러나 여유가 충분치 않을 경우 각 분야를 모두 검토하지 않고 가장 통상적인 방법으로 진행할 수밖에 없다. 즉 FCU가 있다고 가정하고 입면상의 스펀드럴(spandrel)부분을 고려하여 입면의 개략적인 모듈과 재료를 선택할 수 밖에 없다. 때문에 건물의 입면은 새로운 형태를 모색하지 못하고 독창성이 결여되어 결과적으로 자유로운 이미지 연출이 어렵다. 비단 미관적인 문제뿐만 아니라, 초기에 개략적으로 계획한 기본계획이 실시계획으로 발전되어 진행될 경우 초기에 산정한 FCU의 배치수와 배관방식의 변화 등으로 인해 많은 오차를 유발할 수도 있다. 그러나 발열창 시스템을 사용한다면, 이러한 오차는 원천적으로 발생되지 않거나, 그 편차를 최소화할 수 있기에 입면계획상 매우 유리한 조건이라 할 수 있다.

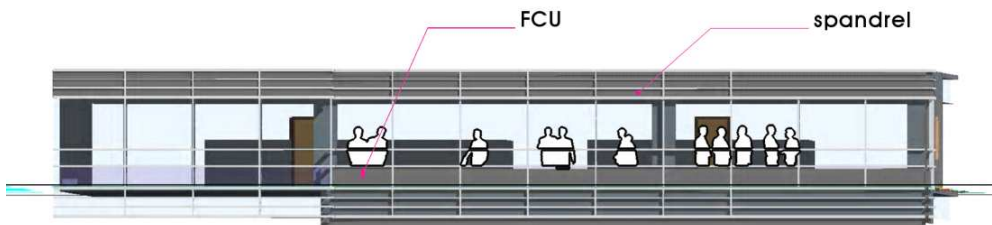


그림4-27 FCU가 적용된 입면사례(spandrel 부분이 폐쇄됨)

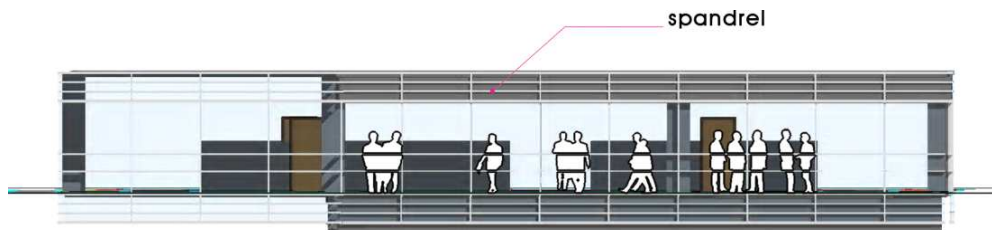


그림4-28 발열창이 적용된 입면사례(spandrel 부분이 개방됨)

입면상의 장점은 외부형태와 모듈의 계획뿐만 아니라 내부공간의 입면에도 영향을 미치게 된다. 사무소를 포함한 건물의 내부공간에 있어서 그 공간의 수준과 성능을 좌우하는 요소로서 시각적 조망은 매우 중요하다. 특히 현대적인 감각에서 내외부의 투명성은 이미 보편화된 개념으로서 석조와 같은 중량감 있는 재료로 폐쇄적인 공간을 만드는 것은 매우 의외의 일이 되었다. 따라서 이러한 개방적이고 세련된 조망과 공간 이미지를 얻을 수 있으면서도, 경제적이고 쾌적성을 높인다는 것은 계획의 초기과정에서 매우 유리한 조건이 된다.



그림4-29 FCU가 적용된 경우, 시야가 좁다

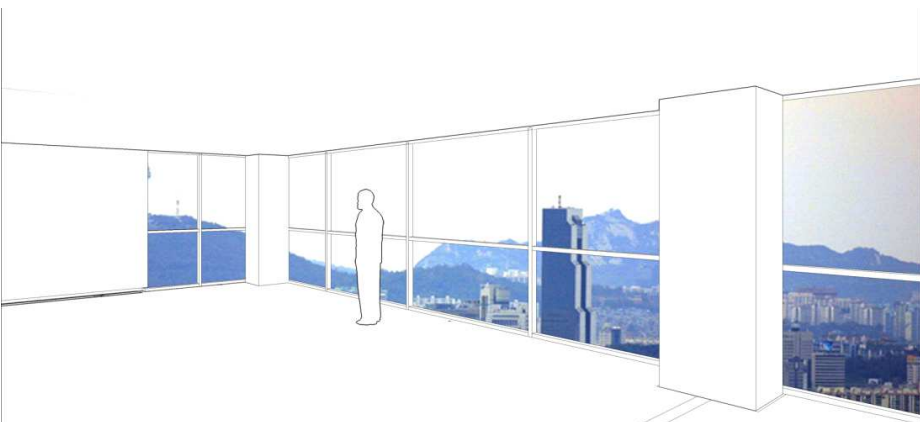


그림4-30 발열창이 적용된 경우, 시야가 넓다

4.5.3 단면계획

앞에서도 언급하였듯이 발열창 시스템에서는 외벽 쪽의 슬래브 하부에 배관이 없으므로 하부구조의 천장을 의식할 필요 없고, 바닥과 외벽 창호의 마감을 일치시킴으로써 모든 측면의 개방감을 성취할 수 있다. 뿐만 아니라 단면상의 부분적인 혹은 상당한 크기의 층간 개방을 자유롭게 계획할 수 있고, 그 공간의 천장을 전면적인 유리로 계획하는 경우에도 문제가 없는데, 이것은 전통적인 방식의 단면계획이 완전히 자유로운 것으로 뒤바뀌는 것이라고 할 수 있다.

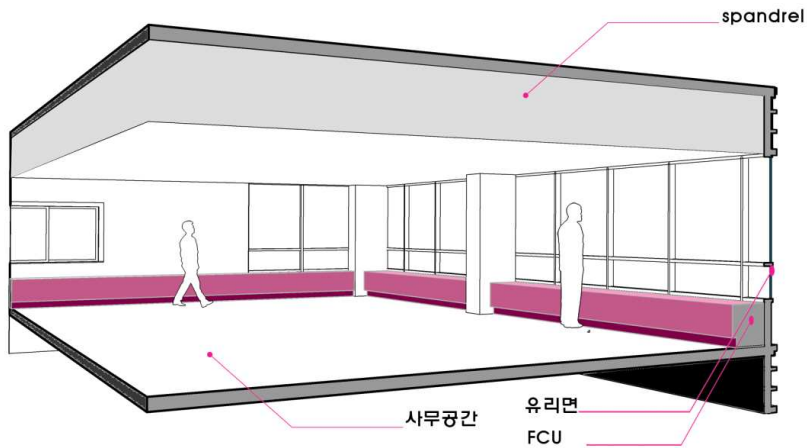


그림4-31 FCU가 적용된 경우, 건축, 구조, 기계, 전기 등의 협의가 필요하다

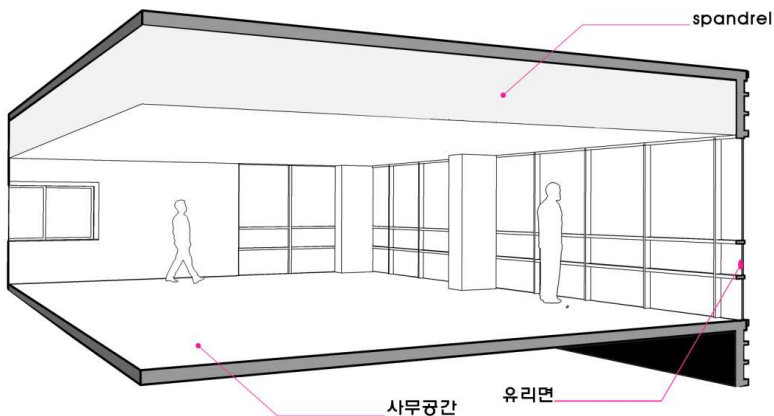


그림4-32 발열창이 적용된 경우, 건축은 독자적으로 단면계획을 진행할 수 있다

특히 단면계획은 곧 입면계획과 연동하므로, 단면계획 자체만의 장점이라고는 할 수 없다. 다만, 단면계획은 디자인 프로세스 가운데, 건축과 구조 그리고 기계와 전기 등의 모든 분야가 응집되어 협의하고 결정해야 하는 상징적이면서도 실제적인 계획을 단적으로 보여주는 과정이다. 따라서 단면계획을 진행하는 경우, 이 같은 여러 분야의 협의가 별도로 필요하지 않다면, 그만큼의 노력과 경비, 그리고 시간을 절약해 준다는 장점이 있다.

4.5.4 종합계획

디자인 프로세스 상에서 발열창 시스템은 계획상의 제약으로부터 자유롭게 해 줄 뿐 아니라, 각 분야가 협의를 하고 결정해야 하는 인적 물적 시간적 비용을 절감하거나 완전히 제거해 준다. 이것은 곧 쾌적성을 포함한 여러 가지 장점을 확보하면서도 건물의 건립에 관한 비용을 절감하는 것을 의미한다. 현실적인 여건을 고려해 볼 때, 건물의 초기 계획단계에서 아무런 제약 없이 창의적인 디자인을 자유롭게 할 수 있다면, 건물의 수준도 그만큼 향상될 것이다.

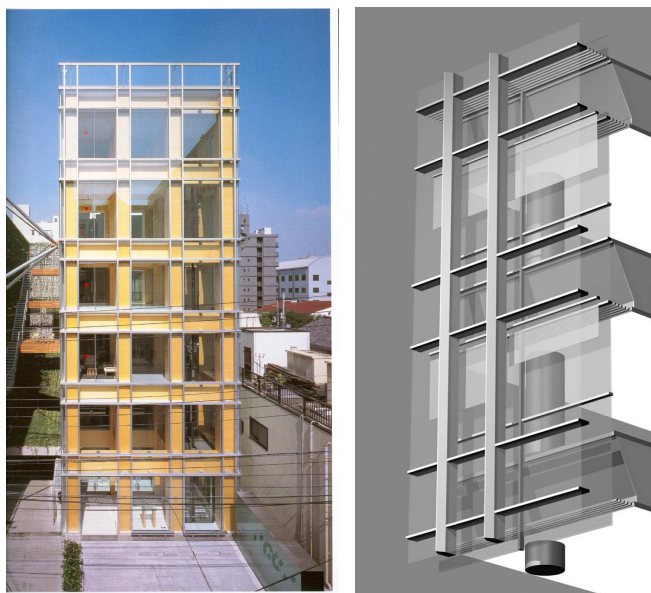


그림4-33 제약없이 디자인함으로써 디자인 프로세스의 효율을 높여준다

발열창 시스템이 건축의 계획적 측면에 영향을 미치는 가장 중요한 요인은, 기존 냉난방 시스템의 FCU가 필요 없다는 것이다. 이것은 곧 건물의 외관을 순수하고 투명한 현대적인 것으로 만들어 주고, 넓은 면적과 조망을 확보해 주며, 계획의 각 과정에서 반드시 검토해야만 했던 복잡한 협의와 결정과정을 간소화 해준다는 것을 의미한다. 또한 발열창 시스템은 외측 창고 내부 표면에 결로가 발생하지 않기 때문에, 시설의 유형과 공간 사용의 종류에 관계없이 다양한 위치와 장소에 다양한 형태를 자유롭게 적용할 수 있도록 해 준다는 것을 의미한다. 그 결과 보다 창의적이고 높은 수준의 쾌적한 건물 디자인을 가능하게 해준다. 발열창 시스템과 같은 기능성 창호는 미래지향적 건축설계를 인도하는 초석이 될 것이다.

V. 결론

최근 외벽에서 차지하는 면적이 증가하고 있는 창은 주광과 풍경을 실내의 거주자에게 제공하는 유일한 건축부재이지만 열악한 단열성 때문에 실내 온열환경 및 쾌적성의 악화, 공조부하의 원인이 되고 있다. 이에 대한 대책으로 다양한 종류의 Perimeter-less 공조 시스템이 개발되어 적용되고 있지만 Perimeter-less 공조 시스템은 확장 Balcony형이 주류인 주거건축과 고급 고층 아파트 및 주상복합의 건설 증가로 창에 기인하는 결로 발생과 쾌적성 악화 등으로 주거용도의 건축물에 적용하기는 어려움이 있다.

주거 용도의 건축물에 창에 기인하는 여러 문제들에 대한 해결책으로 발열창을 제안하여 발열창 시스템 적용 가능성을 밝히는 것에 연구의 목적을 두고 연구를 진행하여 아래의 결론을 얻었다.

1) 인체 건강을 위한 적절한 실내 상대 습도는 50~60%이며 이때의 노점온도는 실온이 20℃일 때 9.3~12.0℃이다. 또한 동절기 실내 온·습도 변화의 실측 결과에서 가장 높은 노점온도는 16.2℃이었기 때문에 결로방지를 목적으로 하는 발열창 시스템의 최저 표면온도는 여유가 있는 18℃로 하는 것이 타당할 것이다.

2) 쾌적성 향상을 목적으로 하는 발열창 시스템의 최고 표면온도는 표면온가가 높을수록 쾌적성은 향상되지만 경제성의 관점에서 실온이 20℃일 때 20~22℃가 적절한 표면온도라 할 수 있다.

3) 동절기의 경우 발열창 시스템은 외기온의 변동과는 무관하게 실내측 유리 표면온도를 실온에 가깝고 균일하게 유지할 수 있으며 이를 통해 Cold Draft를 방지할 수 있으며 실내, 특히 창 쪽 MRT를 높게 유지할 수 있어 냉복사도 방지할 수 있어 실내 온열환경을 개선할 수 있다.

4) 동절기 실내 온열환경 및 쾌적성 악화의 주 원인인 Cold Draft와 냉복사를 방지할 수 있는 발열창 시스템은 일반 복층유리에 비해 PMV를 0.5 높일 수 있으며 PPD는 1/2로 낮출 수 있어 큰 폭으로 실내의 쾌적성을 향상시킬 수 있다.

5) 건축의 계획적 측면에서 발열창 시스템이 영향을 미치는 가장 큰 요인은 기존 냉난방 시스템의 FCU가 필요 없다는 것이다. 이는 건축물의 외관을 순수하고 투명한 현대적 스타일로 만들 수 있고 넓은 면적과 조망을 확보할 수 있으며 계획의 각 과정에서 반드시 검토하여야 했던 복합적 협의와 결정과정을 간소화할 수 있다.

6) 발열창 시스템은 외측 창호 내부 표면에 결로가 발생하지 않기 때문에 시설의 유형과 공간 사용의 종류에 관계없이 다양한 위치와 장소에 다양한 형태를 자유롭게 적용할 수 있어 보다 창의적이고 높은 수준의 쾌적한 건축물 디자인을 가능하게 해준다.

이상 발열창 시스템의 실용화를 위해 발열창 시스템의 최적 표면온도, 발열창 시스템에 의한 온열 환경 개선 효과, 건축 계획적 측면에서의 발열창 시스템 적용 가능성에 대해 검토하였다. 그러나 발열창 시스템의 실용화는 에너지 소비량의 예측기법과 저감 기법에 대한 연구가 추가적으로 진행되어야 가능할 것으로 생각된다.

참고문헌

- 1) 삼성건설 기술연구소, 외피부하 저감용 발열창 시스템, 2004. 02
- 2) 주식회사 PPG-CI, SUNGATE 500 제품설명서
- 3) 社団法人 関西電子工業振興センター 生駒試験所, SUNGATE 500 試験 報告書, 2001
- 4) 旭硝子株式会社, 旭硝子板ガラス建材総合カタログ 技術資料編
- 5) FIGLA CO. LTD., Ecosse-Clean 카탈로그
- 6) Oribe Y, Miyazaki Y, Effects of relative humidity on the population growth of house-dust mites, J. Physiol. Anthropol. 19(4), 201~203, 2000
- 7) 室内空氣質健康影響研究会 編, 室内空氣質と健康影響(解説シックハウス症候群), (株)きょうせい, p124, 2004. 2
- 8) 池田耕一, 水蒸氣(湿度)。室内空氣汚染の原因と対策, 日刊工業新聞社, 1998
- 9) 岸玲子, 北海道におけるシックハウス症候群に関する実態調査研究, 厚生科學研究費補助金・生活安全総合研究事業, シックハウス症候群に関する疫學的研究総合研究報告集, pp.90~124, 2003
- 10) Hemmes JH, Winkler KC, Kool SM, Virus survival as seasonal factor in influenza and poliomyelitis, Nature 188, 430~431, 1960
- 11) Harper GJ, Airborne micro-organism, survival tests with four viruses, J. Hyg. Camb. 59, 479~486, 1961
- 12) McIntyre DA, Griffiths ID, Subjective responses to atmospheric humidity, Environ. Res. 9, 66~75, 1975

- 13) Gaul E, Underwood GB, Relation of dew point and barometric pressure to chapping of normal skin, J. Int. Dermatol., 19, 9~19, 1952
- 14) Proetz AW, Humidity, a problem in air conditioning Ann. Otol. (St. Louis), 65, 376~384, 1956
- 15) 이상우 외 9명, 건축환경계획론, p36, 태림문화사, 1995
- 16) 삼성건설 기술연구소, 외피부하저감용 발열창 시스템의 성능평가, 2003.12

실내온습도 측정 관련 설문

측정번호 :

측정기간 : 2004. 02. .(요일)~2004. 02. .(요일)

동절기의 실내 온습도 측정에 협조해 주셔서 감사합니다.

본 온습도 측정은 기술연구소에서 진행하고 있는 “건물 외장용 고효율 발열창 시스템 기술 개발” 과제와 관련하여 동절기에 큰 문제가 되는 결로 발생을 미연에 방지하기 위한 대책을 마련하기 위한 것입니다. 거주자의 생활 패턴, 아파트(주택) 유형, 평형, 노후 정도에 따른 온습도의 일변화를 조사하여 결로가 발생하기 쉬운 시간대와 습도량을 파악하여 이를 결로 대책의 기본 자료로 활용하고자 합니다.

응답해주신 자료는 연구 자료 이외의 목적으로 일체 사용되지 않을 것입니다. 성의껏 응답해 주시기를 부탁드립니다.

1. 가족 구성

| 관 계 | 성 별 | 나 이 | 관 계 | 성 별 | 연 령 대 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

2. 주거유형

아파트(평형), 단독주택(평형), 연립주택(평형)

아파트 유형 : 계단실형, 복도형

노후 정도 : 년도 준공

건축후(1년 이내, 1~2년, 2~3년, 3~5년, 5~10년, 10~20년, 20년 이상

3. 난방에 대해

난방 형태 : 중앙집중식, 개별난방식, 지역냉난방

난방 스케줄 :

| 시 간 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 난 방 가 동 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

부록 1. 실내 온습도 측정 관련 설문지(1쪽)

4. 생활 패턴

실내에서의 습기 발생과 관련된 내용을 시간대별로 간단히 적어주십시오. 아래의 항목 이외에 발생시키는 항목이 있으시면 추가로 적어주시면 감사하겠습니다.

주 · 중

토 · 일요일

| 시간 | 조리 | 세탁 | 세탁물 건조 | 목욕 샤워 | 세면 | 가습 | 환기 | 조리 | 세탁 | 세탁물 건조 | 목욕 샤워 | 세면 | 가습 | 환기 |
|----|----|----|-----------|----------|----|----|----|----|----|-----------|----------|----|----|----|
| 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | |

설문에 끝까지 응답하여 주셔서 대단히 감사합니다.

담당자 : 한국해양대학교 도 근 영 교수
기술연구소 김 중 현 선임

부록 2. 실내 온습도 측정 관련 설문지(2쪽)